



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JUSSI MINNI

VARAVOIMADIESELGENERAATTORIN KOKOONPANON
VAIHEISTUKSEN SUUNNITTELU JA AIKATAULUTUS

Diplomityö

Tarkastaja: Professori Minna Lanz
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Teknisen tieteen tiedekuntaneuvoston
kokouksessa 6. toukokuuta 2015

TIIVISTELMÄ

JUSSI MINNI: Varavoimadieselgeneraattorin kokoonpanon vaiheistuksen suunnittelu ja aikataulutus

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Diplomityö, 45 sivua, 0 liitesivua

Kesäkuu 2015

Konetekniikan koulutusohjelma

Pääaine: Tuotantotekniikka

Työn tarkastaja: Professori Minna Lanz

Avainsanat: Vaiheistus, aikataulu, solukokoonpano,

Työn päätavoite oli luoda aikataulu varavoimadieselgeneraattorin kokoonpanolle ja kehittää / suunnitella vaiheistus ja selvittää montako moottoria pystytään vuositasolla valmistaa. Kokoonpanon läpimenoajasta oli olemassa pelkkä arvio. Näiden tietojen perusteella lähdettäisiin jatko kehittämään toimintoja, jotta riittävä vuosituotanto pystytään saavuttamaan. Työssä myös mietittiin kokoonpanopaikkaa ja tehtiin siitä arvioita.

Pohjatietona käytettiin testimoottorista saatua dataa ja vanhaa W20V32 linjakokoonpanolle tehtyä vaiheistusta, josta myös työvaiheiden ajat käyvät ilmi. Työ suoritettiin vahvassa yhteistyössä verstaiden kanssa. Verstailta oli mukana työntekijöitä, menetelmämiehiä ja verstaspäälliköitä.

Tuotteelle saatiin luotua WBS, jota käytettiin pohjana aikataulutukselle. Aikataulu tehtiin yhteistyössä verstaiden kanssa ja saatiin koko valmistusprosessille aikataulu aina lohkonkoneistuksesta viimeistelyyn asti. Pääkokoonpanon läpimenoaika oli noin 33 prosenttia pienempi kuin oli arvioitu. Läpimenoajan pohjalta laskettiin vuosituotanto nykyisillä solumäärillä.

Aikataulusta saatiin hyvä arvio ja vaiheistus saatiin suunniteltua. Aikataulu vaatii iterointi kierroksen ja vaiheistus pitää tarkistaa ensimmäisen kokoonpanon yhteydessä. Varavoimadieselgeneraattorille on lähes välttämätöntä varata omat solukokoonpanopaikat.

ABSTRACT

JUSSI MINNI: Planning and scheduling of phasing of emergency diesel generator assembly

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master of Science Thesis, 45 pages, 0 Appendix pages

June 2015

Master's Degree in Mechanical Engineering

Major: Production Engineering

Examiner: Associate Professor Minna Lanz

Keywords: Phasing, scheduling, cell assembly

The main object of the Master of Science thesis was to create the schedule for emergency diesel generator assembly and develop / design the phasing for it and find out how many motors can be manufactured per year. There was only estimate for lead time of assembly. By using these information we are able to develop our activities so that we are able to manufacture enough motors per year. Assembly place also was discussed and we made assessment of it.

We used the data what we got from test motor and we had old phasing of W20V32 motor which was developed for line assembly. There also was estimated times for working phase.

Work was carry out in strong cooperation with the workshops. There was workers, process developers and workshop manager at the meetings from workshops.

For product we create the WBS, which we used for scheduling. Scheduling was made cooperation's with workshops and we got schedule to the whole manufacturing process from block machining till finishing. The lead time of main assembly reduced 33 percent of the first estimate. Based on lead time we calculated how many motors we are able to manufacture by current assembly cells.

From the schedule we got good estimate and phasing was developed. The schedule need to refine and phasing need to check during next assembly. For emergency diesel generator it is almost necessary to have own assembly cells.

ALKUSANAT

Diplomityö tehtiin Tampereen Teknillisen Yliopiston Tuotantotekniikanlaitokselle. Työ tehtiin Wärtsilä Finland Oy:n Vaasa Delivery Centre:n Nuclear Delivery organisaatiolle.

Kiitän kaikkia tässä projektissa mukana olleita. Eritoten työni ohjaajaa prof. Minna Lanzia hyvistä neuvoista ja ohjeista ja toimituspäällikkö Tomi Heinilää joka oli vahvasti mukana tässä projektissa antamassa neuvoja ja ohjaamassa.

Myös suuri kiitos perheelle, joka tuki ja oli tukena opiskeluiden aikana. Kiitos myös ystäville ja opiskelukavereille, jotka olivat mukana jakamassa tätä matkaa.

Vaasassa 19.05.2015

Jussi Minni

SISÄLLYS

1	Johdanto.....	1
1.1	Wärtsilä Oyj Abp.....	1
1.1.1	Wärtsilä Finland Oy ja Vaasan toimitusyksikkö.....	3
1.1.2	Varavoimadieselgeneraattori markkinat.....	4
1.2	Työn taustaa.....	5
1.3	Työn rajausta ja tavoitteet.....	5
2	Tuotantojärjestelmä.....	6
2.1	Tuotantomuodot.....	6
2.2	Kokoonpano.....	7
2.3	Valmistusprosessi.....	7
2.3.1	Linjakokoonpano.....	7
2.3.2	Solukokoonpano.....	8
2.3.3	Väliavarastot.....	8
2.4	Läpäisy aika.....	9
2.4.1	Merkitys.....	9
2.4.2	Lyhentäminen.....	9
2.5	Joustavuus.....	10
2.6	Tuotannon ohjaus.....	11
2.6.1	Ajoitus ja kuormitus.....	11
2.6.2	Kapasiteetin ohjaus.....	11
2.6.3	Valmistuksen ohjaus.....	11
2.6.4	Hienosuunnittelu.....	12
2.7	Lean.....	13
2.8	Tuotannon suunnittelu.....	13
2.8.1	Tuotantoanalyysi.....	13
2.8.2	Kuormitustiedot.....	14
3	Projektinhallinta.....	15
3.1	Aikataulun laatiminen.....	15
3.2	Totuus aikatauluista.....	15
3.2.1	Hyvien arvioiden varmistaminen.....	17
3.2.2	Aikataulun ongelmat.....	17
3.2.3	Aikataulut myös toimivat.....	18
4	Riskienhallinta.....	19
4.1	Riskienhallinta prosessi.....	20
4.1.1	Riskianalyysi ja sen vaiheet.....	21
4.1.2	Riskikohteiden tunnistaminen.....	21
4.1.3	Riskien arviointi.....	22
4.2	Riskienhallinta keinot.....	22
4.2.1	Riskien eliminointi.....	22
4.2.2	Riskien pienentäminen.....	23

	4.2.3 Vahingontorjunta.....	23
5	Tutkimusmenetelmät ja aineisto	25
6	Nykytilanne.....	26
	6.1 Varavoimadieselgeneraattori	26
	6.2 Komponentti kategoria	27
	6.3 Tuotetehdas	27
	6.3.1 Pääkoonpano	28
	6.3.2 Hold Point	29
	6.3.3 Läpäisy aika ja kapasiteetti	29
	6.4 Moduulitehdas.....	29
	6.4.1 Hold Point	30
	6.4.2 Läpäisy aika ja kapasiteetti	31
	6.5 Koonpanoprosessi.....	31
7	Tulokset ja niiden tarkastelu	32
	7.1 Vaiheistuksen kehitys	32
	7.2 Koonpanon aikataulutus.....	35
	7.3 Kapasiteetti	37
	7.4 Koonpanopaikan SWOT -analyysi.....	38
8	Kehityskohteita	41
9	Yhteenveto.....	43
	Lähteet	44

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

DCV	Delivery Centre Vaasa, Vaasan toimitusyksikkö
EDE	Emergency Diesel Engine, Varavoimadieselmoottori
EDG	Emergency Diesel Generator, Varavoimadieselgeneraattori
FMEA	Failure Mode, Effects and Analysis
FMECA	Failure Mode, Effects and Criticality Analysis,
HP	Hold Point, Tarkistuspiste
JIT	Just-in-time, Juuri oikeaan aikaan
PP	Power Plants, Wärtsilän voimalaitoksia myyvä yksikkö
RP	Review Point, Tarkistuspiste
TQM	Total Quality Management, Laadunhallinta filosofi
WBS	Work break structure, tuotteen ositusrakenne
WP	Witness Point, Tarkistuspiste

1 JOHDANTO

Jatkuva kilpailu luo paineita laajentamaan omaa liiketoimintaa ja sitä kautta lisäämään kannattavuutta. Uudet markkinat houkuttelevat aina, mutta kaikki eivät niihin uskalla lähteä. Wärtsilä on kokenut toimija varavoima markkinoilla, mutta kun sitä varavoimaa tarvitaan ydinvoimalassa ovat vaatimukset ihan toisella tasolla. Tämän vuoksi voidaankin puhua jokseenkin uusista markkinoista. Tämä työ tehdään Wärtsilä Finland Oy:n Vaasan toimitusyksikölle.

1.1 Wärtsilä Oyj Abp

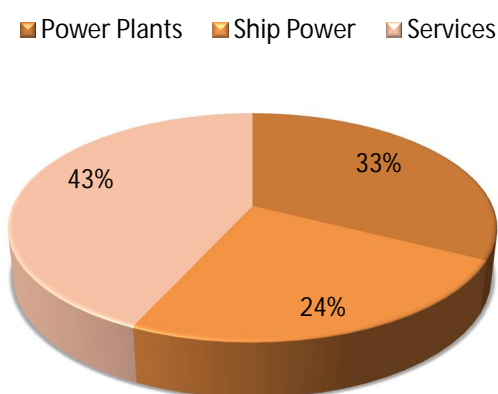
Wärtsilä on kansainvälisesti johtava koko elinkaaren kattavien merenkulun ja energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja. Wärtsilä pystyy tarjoamaan asiakkailleen ympäristötehokkaita ja taloudellisia ratkaisuja erilaisiin aluksiin ja voimalaitoksiin jatkuvan panostuksen, teknologisiin innovaatioihin ja kokonaistehokkuuteen, avulla.

Alla olevasta taulukosta voimme huomata, että Wärtsilän liikevaihto vuonna 2012 oli 4,7 miljardia euroa henkilöstömäärän ollessa lähes 19000 ja sen osakkeet on listattu NASDAQ OMX Helsingissä. Toimintaa Wärtsilällä on globaalisti 70 eri maassa joissa on yhteensä lähes 170 toimipistettä.

Taulukko 1.1 Wärtsilän avainluvut

MEUR	2012	Q4 / 2012	Q3 / 2012	Q2 / 2012	Q1 / 2012	2011	2010
Liikevaihto	4 725	1 533	1 087	1 099	1 005	4 209	4 553
Power Plants	1 498	568	304	353	272	1 365	1 525
Ship Power	1 301	426	339	298	238	1 022	1 201
Services	1 908	531	435	449	492	1 816	1 823
Poistot ja alaskirjaukset	-139	-38	-33	-35	-33	-113	-116
Liiketulos ¹	515	186	113	113	102	469	487
Liiketulos ¹ , %	10,9	12,2	10,4	10,3	10,1	11,1	10,7
Tulos ennen veroja	452	161	99	98	93	429	548
Tulos/osake, EUR	1,72	0,62	0,38	0,38	0,33	1,44	1,96
Taseen loppusumma	5 038	5 038	4 920	4 860	4 807	4 600	4 696
Korolliset velat, brutto	794	794	899	942	858	652	628
Rahavarat	225	225	199	148	242	592	776
ROI %	20,1	-	-	-	-	20,4	26,0
Velkaantumisaste	0,31	0,31	0,41	0,49	0,40	0,04	-0,09
Tilaukanta kauden lopussa	4 492	4 492	4 724	4 515	4 409	4 007	3 795
Tilaukertymä	4 940	1 357	1 275	1 198	1 109	4 516	4 005
Osakekannan markkina-arvo tilikauden lopussa	6 454	-	-	-	-	4 402	5 631
Henkilöstö, lukumäärä kauden lopussa	18 887	18 887	18 961	19 161	19 073	17 913	17 528

Wärtsilän liiketoiminta jakaantuu kolmeen eri osaan: Power Plants, Ship Power sekä Services. Kuten edellisestä taulukosta huomaamme, vuonna 2009 liikevaihto jakautui melko tasan kaikkien kolmen liiketoimintojen kesken, kun taas vuonna 2011 tilanne muuttui melkoisesti. Finanssikriisin jälkeisen krapulan takia Ship Powerin ja Power Plantsin liikevaihdot romahtivat, mutta Services liikevaihto on pysynyt vuosi vuodelta samalla tasolla. Tällä hetkellä jopa 43 % Wärtsilän koko liikevaihdosta tulee Servicestä. Kuten tästä prosenttiluvusta voidaan päätellä, huoltopalveluiden tarjoaminen on Wärtsilälle elin tärkeää muiden liiketoimintojen kysynnän hiipuesssa. Wärtsilä toimittaa ratkaisuja ja näin ollen sen liiketoiminta onkin ratkaisukeskeistä, mutta siinä kohtaa kun Servicesin liikevaihdon osuus ylittää 50 % voidaan ruveta puhumaan enemmän palvelukeskeisestä liiketoiminnasta.



Kuva 1.1 Liikevaihto liiketoiminta-alueittain 2011

Wärtsilä on johtava toimittaja nykyaikaisissa ympäristötehokkaissa voimalaitosratkaisuihin joiden myynnistä ja toimittamisesta vastaa Power Plants. Laajan tuoteportfolion ansiosta PP pystyy tarjoamaan monipolttoaineratkaisuja erilaisiin tarpeisiin, kuten esimerkiksi kuormitushuippujen tasaamiseen, sähköverkon vakaan toiminnan takaamiseen ja huippunopeita varavoimaloita kapasiteettimarkkinoille. Pitkäaikaiset käyttö- ja kunnossapitosopimukset takaavat jatkuvan joustavan sähköenergian tuottamisen voimaloissa, jotka voivat sijaita niin kaupungeissa kuin syrjäseuduilla.

Ship Power tarjoaa monipuolisia meriteollisuuteen liittyviä ratkaisuja asiakkaille ympärimaailmaa. Alan teknologiajohtajuuden myötä kokenut ja osaava henkilöstö luovat vakaan pohjan tarjota asiakkaille vaatimusten mukaisia ratkaisuja koostuvat tuotteista, järjestelmistä ja palveluista. Kaikille ratkaisuille on kuitenkin ominaista, että ne ovat ympäristöystävällisiä, joustavia ja kustannustehokkaita.

Wärtsilä pyrkii aina tarjoamaan koko elinkaaren kattavaa ylläpito ja huoltopalvelua sen tuotteille. Services on se yksikkö, joka vastaa näistä palveluista. Siihen kuuluu tuotteiden optimointi, hyötysuhteen ja suorituskyvyn osalta. Services omaa erittäin laajan palveluverkoston jonka vuoksi se pystyy tarjoamaan asiakkailleen korkea laatuista ja asiantuntevaa tukea kaikkialla maailmassa sekä energia- että merenkulkumarkkinoilla mahdollisimman ympäristöystävällisesti.

1.1.1 Wärtsilä Finland Oy ja Vaasan toimitusyksikkö

Suomessa Wärtsilällä on toimintaa kolmelle eri paikkakunnalla ja yhteensä 3311 työntekijää (30.06.2012). Helsingissä on Wärtsilän pääkonttori. Turussa on Servicesin lisäksi myyntiä ja tukitoimintoja. Vaasassa toimintaa on kahdessa paikassa: Runsorissa on Ship Power, Power Plants ja Services sekä niihin liittyvää myyntiä ja projektinhallintatoimintoja sen lisäksi Runsorissa on varaosavarasto. Vaasan keskustassa sijaitsee 4-tahti-moottoreiden tuotekehityksen ja tutkimuksen pääkeskus. Vaasan toimitusyksikkö eli DCV (Delivery Centre Vaasa) vastaa Power Plants:n ja Ship Power:n moottoreiden toimituksesta. Siihen sisältyy moottorien ja generaattorilaitteistojen asennus sekä avainkomponenttien koneistusta. Sen lisäksi Vaasassa testataan uusia teknologioita Waskiluoto Validation Centressä. DCV kuuluu Ship Power organisaation.



Kuva 1.1. W32L6

Vaasan toimitusyksikössä valmistetaan kaasua ja diesel moottoreita jotka voivat olla rivi- ja v-moottoreita. Sylinterien halkaisijasta valmistetaan kolmea eri koko: 20, 32 ja 34 cm. Alla olevasta taulukosta näkee myös muita teknisiä tietoja, kuten iskun pituus, nopeus, sylinteriteho, polttoaine sekä mitä eri konfiguraatioita on olemassa

Taulukko 1.2 Vaasassa valmistettavien moottoreiden tekniset tiedot

Malli	20	20DF	32	32GD	34DF	34SG
Sylinterin halkaisija (mm)	200	200	320	320	340	340
Iskupituus (mm)	280	280	400	400	400	400
Nopeus (rpm)	900-1000	1000-1200	720-750	720-750	720-750	720-750
Sylinteriteho (kW)	170-200	146-176	450-580	450-460	435-450	480-500
Sylinteri konfiguraatio	4L, 6L, 8L, 9L	6L, 8L, 9L	6L, 7L, 8L, 9L, 12V, 16V, 18V, 20V	6L, 7L, 8L, 9L, 12V, 16V, 18V, 20V	6L, 9L, 12V, 16V, 20V	9L, 16V, 20V
Polttoaine	Diesel	Diesel, Kaasu	Diesel	Diesel, Kaasu	Diesel, Kaasu	Kaasu

Mallien nimet ovat muotoa W20V32. W tarkoittaa Wärtsilän brändiä, 20 kertoo sylinterien määrän, V kuvastaa onko kyseessä rivi- vai v-moottori ja 32 kertoo sylinterinhalkaisijan koon. Mikäli sylinterikoon jälkeen on jokin lyhenne kuten GD, niin se kertoo käytettävästä teknologiasta. GD on Gas Diesel, DF on Dual Fuel ja SG on Spark-ignited Gas. Jos sylinterikoon jälkeen ei ole mitään kirjainyhdistelmää, niin kyseessä on dieselmoottori.

1.1.2 Varavoimadieselgeneraattori markkinat

Sähkön kulutus tulee kasvamaan maailmanlaajuisesti, jotta pystytään vastaamaan nousevaan kulutukseen, tarvitaan ydinvoimaa. Sähkönkulutuksen kasvu on lähes suoran verrannollinen väkiluvun kasvuun. Pelkästään tuulivoimalla tai muulla ei pysty kattamaan kulutusta. Sen lisäksi ydinvoimakapasiteetti alkaa olemaan hyvin vanhaa jopa 20-40 vuotta. Vanhojen toimivien laitosten päivittäminen tulee kohta kyseeseen. Wärtsilä on ollut mukana varavoimadieselgeneraattori markkinoilla ennenkin joten siihen oli varmasti hyvät asetelmat lähteä uudestaan mukaan.

Wärtsilällä on näihin markkinoihin sopiva tuote W32 dieselmoottori. Tämä moottori malli on ”vanhaa designia” ja sillä on käyttötunteja reilusti yli 10 miljoonaa tuntia ja niitä on ympäri maailmaa yli 1000 moottoria jatkuvassa käytössä. Joten niin sanotuiden uusien mallien ”lapsenviat” on varmasti tullut jo vastaan.

EDG on lyhenne sanoista ”Emergency Diesel Generator” eli se on varavoimadieselgeneraattori. Sen tehtävä on tukea ydinvoimalaitoksen toimintaa ja tarvittaessa tuottaa sähkö mikäli tulee sähkökatkoksia. Se tarkoitus on pyörittää pumppuja jotta alasajo pystytään tekemään hallitusti.

1.2 Työn taustaa

Aihe syntyi tarpeesta kehittää toimiva ja joustava valmistusprosessi uudelle EDG:lle. Uusi tuote aiheuttaa suuri muutoksia DCV:n tämän hetkiseen toimintatapaan. Suurin muutos toimintaan tuo dokumentaatio ja sen hallinta tuotannossa. Tuotannon suunnittelua ja kapasiteetin suunnittelua varten ei ollut olemassa kuin arvio sen läpimenoajasta.

Tarkoitus suunnitella joustava moduuli- ja pääkokoonpanon aikataulu ja prosessi EDG:lle. Tähän asti on riittänyt, että on tiedetty mitä tehdään huomenna mutta EDG osalta pitää tietää mitä tehdään 30 päivän päästä jolloin ennustettavuus on olennainen asia valmistusta. Sen lisäksi kokoonpanot sisältävät, normaalista poiketen, monia tarkistuspisteitä (Hold Point), joissa myös asiakas on mahdollisesti mukana. Tämä myös tarkoittaa sitä, että kokoonpano voi kestää jopa monta kertaa kauemmin kuin normaalisti. Jotenka työn osalta on tärkeää miettiä mitenkä Hold Pointit hallitaan kokoonpanoissa ja miten niitä ennustetaan. Käytännössä tämä tarkoittaa, tarkan vaiheistuksen ja aikataulun suunnittelua, jonka pohjalta voidaan Hold Pointteja ennustaa.

Testi moottorin osalta huomattiin suuria puutteita koko prosessin osalta. Haasteiden summan johdosta testimoottorin kokoonpano venähti reilusti yli arvioidun ajan. Tiedon katkoksia oli prosessi liikaa. Kaikille ei ollut selvää mitenkä toimitaan missäkin tilanteessa. Vaiheistus oli keskeneräinen ja mitään aika arvioita työvaiheista ei ollut tiedossa.

1.3 Työn rajausta ja tavoitteet

Työn tavoite on kehittää joustava ja tehokas valmistusprosessi mahdollisia tulevia ja tämän hetken projekteja varten. Kokoonpano pitää suunnitella niin, että tulevaisuudessa pystytään valmistamaan moninkertainen määrä EDG vanhoilla kokoonpano soluilla. Tämän hetken arvio läpimenoajasta pääkokoonpanossa on moninkertainen verrattuna standardimoottoriin. Toki testimoottorin kokoonpano kesti reilusti yli tämän arvioidun ajan monista tekijöistä johtuen. Työ rajattiin niin, että se koskee ainoastaan asioita jotka tapahtuvat porttien sisäpuolella eli DCV:n sisällä eli ei mennä lähelle asiakas tai toimittaja rajapintaa.

Työn pääpaino on kokoonpanojen suunnittelussa ja aikataulutuksessa. EDG:n kokoonpanopaikasta on myös hieman ollut eriäviä mielipiteitä johon tässä työssä tullaan ottamaan kantaa. Lohkokoneistus on myös olennainen asia kokoonpanon aikataulua. Aihe ei koska pelkästään pääkokoonpanoa vaan myös kriittisiä moduuleita ja niiden mahdollista koneistusta. Tarkoituksena ei ollut miettiä layoutia, vaan ideana oli että projektit saataisiin vietyä läpi nykyisillä kokoonpanopaikoilla ja selvittää montako moottoria voidaan vuositasonla valmistaa.

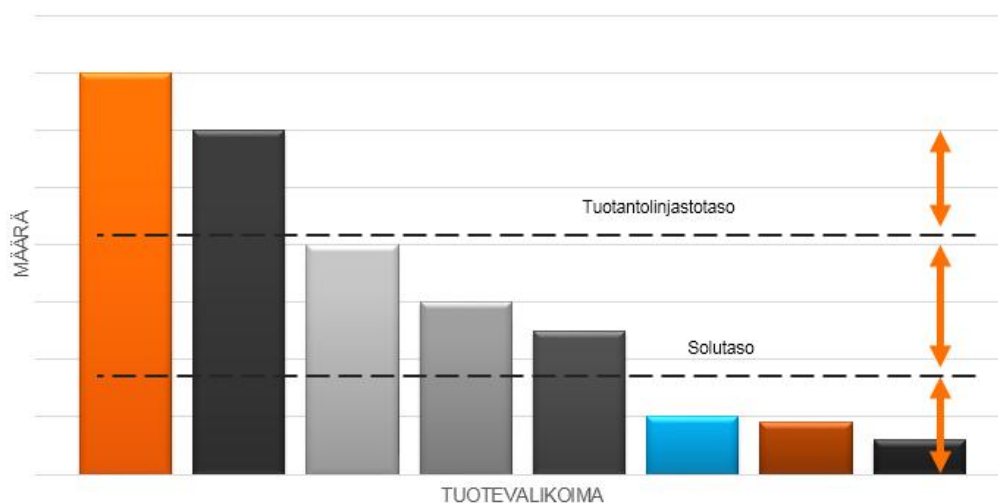
2 TUOTANTOJÄRJESTELMÄ

Tuotantojärjestelmä tärkein tehtävä on saada materiaali virtaamaan valmistuksessa niin, että se jalostuu tilauksesta toimitukseksi. Tuotantojärjestelmän peruseriaate koostuu kahdesta eri toiminnosta: valmistusjärjestelmä ja suunnittelujärjestelmä. Valmistusjärjestelmässä tapahtuu kaikki jalostaminen. Materiaalit tulevat toimittajilta ja ne jalostetaan valmistusjärjestelmässä tuotteiksi, jotka toimitetaan asiakkaalle. Suunnittelujärjestelmä jakautuu vielä kahteen toimintoon: operatiivinen ohjaus ja tuotantotekninen suunnittelu. (Lapinleimu 1997)

Suunnittelujärjestelmän tarkoitus on mahdollistaa ja ohjata valmistusjärjestelmää. Operatiivisella ohjauksella on tarkoitus ajoittaa tuotanto ja antaa impulssi sen aloittamisesta. Tuotantoteknisellä suunnittelulla tarkoitetaan toimintoja joilla valmistus pystytään toteuttamaan esimerkiksi solu valmistusyksikkö. Tuotantojärjestelmä koostuu useasta yksiköstä ja näistä yksiköistä rakentuu tuotantoverkosto joka on myös tuotantojärjestelmän ylin taso eli verkkotaso. Sen jälkeen tulee tehdastaso, solutaso ja alin taso, joka on työasemataso. (Lapinleimu 1997)

2.1 Tuotantomuodot

Tuotantomuoto määräytyy pitkälti toimitettavien tuotteiden ominaisuuksien mukaan. Tuotantomuoto määrittelee hyvin pitkälti tuotannon peruslähtökohdat. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi hyödykelaji ja valmistusvolyymi. Tuotantomuotoja on kolme: kertavalmistus, erä- eli sarjatuotanto ja kolmas on joukko- eli massatuotanto. Alla olevassa kuvassa 2.1. on esimerkki siitä miten valmistusvolyymi vaikuttaa. (Lapinleimu 1997; Uusi-Rauva et al. 1994)



Kuva 2.1. Tuote-määrä -analyysi (Uusi-Rauva et al. 1994)

Tuotantomuodot ovat pohjana tuotannon suunnittelulle, tuotannon johtamiselle ja ohjaamiselle. Ne myös vaikuttavat keskeisesti yrityksen toimintatapaan, kilpailutekijöihin ja tuotantoprosessin kehittämiseen. Tuotantomäärä ei kuitenkaan suoranaisesti määrää, mitä tuotanto muotoa käytetään koska monessa liiketoimissa volyyymi voi olla korkea mutta tuotetta ei pysty valmistaa tuotantolinjassa. (Lapinleimu 1997; Uusi-Rauva et al. 1994)

2.2 Kokoonpano

Kokoonpano on sitä, että osia liitetään toisiinsa. Osat voivat olla oma valmisteita tai ostokomponentteja. Osia liittämällä toisiinsa saadaan kokoonpantu tuote. Kokoonpano, varsinkin raskaassa teollisuudessa, on pääasiassa käsityötä. Varsinkin siinä vaiheessa, kun kokoonpanot tehdään suoraan asiakkaan tiloihin. Kuitenkin kehityksen myötä kokoonpano muuttuu yhä enemmän automatisoiduksi. Kokoonpano vie ajallisesti suuren osan kokonaistyöajasta. Tutkimusten mukaan jopa 20 – 40 prosenttia. Näin siihen sisältyy paljon keskeneräistä tuotantoa (KET), mikä sitoo myös yrityksen pääomaa merkittävästi. Myös varastojen arvo voi olla suuri, jota kokoonpanoa varten tarvitaan. Todellisuudessa tuosta ajasta vain pieni osa on varsinaista osien kiinnittämisestä toiseen eli jalostavaa työtä. Kokoonpanoon kuuluu myös paljon muutakin, kuten tarkastuksia, siirtoja, sovittamista ja niin edelleen. (Lapinleimu 1997)

Kokoonpano voidaan tehdä paikkakokoonpano tai linjakokoonpano. Valmistuserät monesti määrää kumpaa käytetään. Paikkakokoonpano sopii hyvin pieniin tai yksittäisiin eriin, kun taas linjakokoonpano soveltuu joukkotuotantoon. Kokoonpanopaikasta käytetään myös solukokoonpano nimitystä. Linjakokoonpanossa on usein useampi vaihe, jotka ovat peräkkäin ja tuote liikkuu linjaan pitkin. Ja paikkakokoonpanossa yleisesti ajatellaan, että siinä on vain yksi vaihe. (Lapinleimu 1997)

2.3 Valmistusprosessi

Tehtaan valmistusjärjestelmä koostuu kolmesta eri yksiköstä valmistusyksikkö, logistinen yksikkö järjestelmien välillä ja tukiyksiköistä. Valmistusyksiköitä on osavalmistus- ja kokoonpano- tai yhdistettyjä yksiköitä. Valmistusyksiköt ovat itsenäisiä, jotka noudattavat omia toimintatapoja. (Lapinleimu 1997)

2.3.1 Linjakokoonpano

Linjakokoonpano sopii mainiosti sarja- ja massatuotantoon. Linjakokoonpanossa keskitytään pääsääntöisesti tietyn tuotteen valmistukseen. Valmistus on hyvin suoraviivaista ja tuote valmistetaan työkulun mukaisessa järjestyksessä. Linjakokoonpanossa vaiheita on useampi. Tällaisen linjan rakentaminen on kallista varsinkin, jos vertaa solukokoonpanoon. Kuitenkin valmistusmäärien ja tehokkuuden johdosta tuotteen yksikköhinta jää alhaiseksi. Linjakokoonpano on hyvin herkkä

häiriöille ja se helposti pysäyttää koko tuotannon. Varsinkin, jos ei ole olemassa välivarastoja eri vaiheiden välillä. Linjakokoonpano on myös tehokas valmistamaan virheellisiä tuotteita. Linjakokoonpanoa on paljon käytetty juuri autoteollisuudessa, jossa pyritään nimenomaan tehokkaaseen toimintaan ja alhaisiin kustannuksiin. (Uusi-Rauva et al. 1994; Lehtonen 2004)

2.3.2 Solukokoonpano

Valmistusyksiköistä pienin on solu. Idean on, että tuote valmistetaan yhden impulssilla alusta loppuun valmiiksi. Voidaankin puhua että on vain yksi vaihe joka koostuu useasta työvaiheesta. Solu on itsenäinen yksikkö, jolloin se tarvitsee oman tuotteen, alueen, tuotantokaluston, siirto- ja nostovälineet, henkilöstön ja vastuun koko toiminnasta. Voidaan sanoa, että solu on oma pieni ”tehdas”, josta oma ryhmä vastaa. (Lapinleimu 1997; Keinänen et al 1996)

Solussa pyritään tuote tekemään täysin valmiiksi mikäli se on mahdollista – aina se ei ole. Solussa on monesti enemmän työvaiheita, kun on henkilöstöä, mikä edes auttaa motivaatioon ja moni osaamiseen. Työntekijät tekevät työt joustavasti ja työtehtävät vaihtuvat määrääjain. Se myös vaatii työntekijöiltä yhteistyökykyä ja suunnitelmallisuutta, koska tuotteet vaihtuvat usein ja sisältävät eri variaatioita. Usein solu suunnitellaan jotakin tuotetta varten, mutta ajan myötä tuotteet kehittyvät ja niitä tulee lisää jolloin solun pitää elää siinä mukana. Silloin myös solua on kehitettävä, varsinkin erikoistyyökalujen osalta. Solussa voidaan valmistaa lopputuote tai osakokoonpano, josta käytetään määritettyä moduulia. (Lapinleimu 1997; Keinänen et al. 1996)

Solu yksi ohjattava kokonaisuus, jossa on monta eri työvaihetta. Mitä vähemmän on ohjauspisteitä sitä selkeämpää ja helpompaa ohjaustyö on. Paras tapa on kotiinkutsut, jossa osa kutsutaan osakokoonpanosta kokoonpanoon. Tuotteisto pitää olla vakiintunut, mutta variantteja saa totta kai olla. Tällainen järjestelmä toimii myös nopeammin kun ei tarvita tasojen välistä tiedonsiirtoa. Siinä vastuu on solulla joka hoitaa oman työnjärjestelynsä. Tarve on myös lähempänä todellista tarvetta kun impulssi tulee solusta. (Lapinleimu 1997)

Solu vastaa myös laaduntuotto kyvystä ja sitä myötä jokaisella solussa työskentelevällä on laatuvastuu, joka totta kai heijastuu tuotteen laatuun. Solussa myös usein tiedetään tekijä joka myös lisää laatuvaruutta. Solussa myös vastuu vaikuttaa motivaatioon. Motivaatio vaikuttaa viihtyvyyteen ja se taas tuottavuuteen. (Lapinleimu 1997)

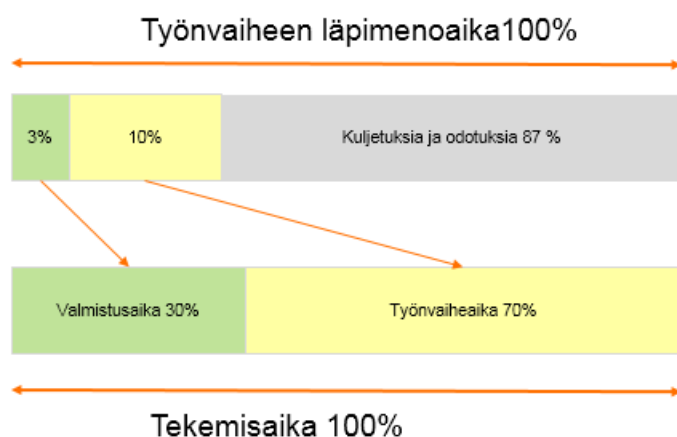
2.3.3 Välivarastot

Välivarastot ovat yritykselle kallis ylläpitää, koska sitovat paljon pääomaa ja sisältävät paljon riskejä. Totuus on, että niistä ei päästä eroon mutta ne pitää optimoida. Välivarastot lisäävät joustavuutta ja ilman niitä valmistus olisi hyvin tiukkatahtista. Välivarastoja on

kolmea eri tyyppiä. Välivarastoja on vaiheiden väliset varastot, puolivalmisteverasto ja prosessivarastot (esimerkiksi jäähtyminen). Linjamuotoisessa kokoonpanossa linjan häiriö herkkyyttä voidaan pienentää välivarastoilla (Lapinleimu 1997; Lehtonen 2004)

2.4 Läpäisy aika

Läpäisy aika on yksi tärkeimmistä tuotantojärjestelmän käsitteistä ja mittareista, kun mitataan sen tehokkuutta. Läpäisy aika koostuu jonkin toimintakokonaisuuden alkamisesta sen valmistumiseen asti. Siihen mahtuu jalostavaa ja tuottamatonta aikaa. Jalostava aika on varsinaista ”työstämistä”, kun taas tuottamaton aika sisältää kaikki logistiset toiminnot, tarkastukset ja korjaukset. Tyypillisesti varsinaisesta läpimeno ajasta 1-5% on jalostavaa aikaa. Kuvassa 2.2 on havainnollistettu miten läpimeno aika koostuu. (Lapinleimu 1997; Hannus 1994)



Kuva 2.2. Läpimenoajan koostumisesimerkki (Uusi-Rauva et al. 1994)

Läpäisy aikaa ei ole määritelty ainoastaan yhdelle kokonaisuudelle vaan sitä voidaan käyttää mittarina monessa eri tapauksessa, kuten osavalmistuksessa, koko tilaukselle ja niin edelleen. Keskeneräisellä suunnittelulla on negatiivinen vaikutus läpäisy aikaan, koska siihen menevä aika voi olla merkittävä. (Lapinleimu 1997)

2.4.1 Merkitys

Läpäisy aika on merkittävä mittari kaikessa valmistuksessa. Se lyhentäminen johtaa monesti suoriin säästöihin ja on tehokkaan liiketoiminnan avaintekijä. Toimitusaika on monessa tilanteessa kilpailuetu ja läpimeno ajalla on siihen merkittävä vaikutus (Lapinleimu 1997; Hannus 1994)

2.4.2 Lyhentäminen

Lyhentäminen voi joissain tapauksissa olla helppoa kun taas jossain tapauksissa hieman vaikeampaa. Läpäisy ajan lyhentäminen tapahtuu yleensä eliminoimalla odotusaikaa, koska se on vie monissa tapauksissa suurimman osan ajasta. Toinen, joka pidentää läpäisy aikaa on siirrot joten myös niiden eliminointi on tärkeää. Jotkut siirrot ovat

kuitenkin välttämättömiä, mutta niiden minimointi on kuitenkin tärkeää. Molemmat näistä ovat selvää hukkaa, eikä tuota asiakkaalle minkäänlaista lisäarvoa. Lämpimenoajan lyhentäminen 24 prosentilla parantaa työn tuottavuutta ja pääoman kierron kaksinkertaiseksi, mikä sitten on heti 20 prosenttia kokonaiskustannuksista pois. (Lapinleimu 1997; Hannus 1994)

2.5 Joustavuus

Tuotantojärjestelmän joustavuus on nykyään merkittävässä roolissa pienten erien, asiakasversioiden ja tuotteiden elinkaaren lyhentymisen jälkeen. Joustavuutta on paljon käytetty epävarmuuden hallintaan, mikä mahdollisesti luo jopa kilpailuetua. Joustavuutta tarvitaan tuotantojärjestelmän jokaisella tasolla aina tuotantotasoon asti. Tämä päivänä automaatiota pyritään lisäämään yrityksissä. Lähtö kohta on, että se mikä voidaan automatisoida järkevällä takaisin maksulla, automatisoidaan. Kuitenkin on muistettava että automaatio lisää tuotannon jäykkyyttä. (Lapinleimu 1997; Heikkilä et al. 2005)

Lapinleimu (1997) määrittelee tuotantojärjestelmän joustavuuden seuraaviin lajeihin

- Tuotejoustavuus
 - Laaja valmistettavissa oleva osaperhe
 - Samantyyppisten osien eri varianttien ongelmaton valmistettavuus
- Operatiivinen joustavuus
 - Pienten erien valmistuskyky
 - Lyhyt tuotantosuunnitelman kiinteä osuus
 - Hyvä ohjattavuus
 - Reservikapasiteetti
- Muunneltavuus
 - Järjestelmän muunneltavuus tuotteiston muuttuessa
 - Portaittainen toteutettavuus

Tuotejoustavuus tulee teknisestä ratkaisusta esimerkiksi NC -koneissa työstöohjelmaa vaihtamalla saadaan joustavuus. Reservikapasiteetti auttaa yritystä volyymipiikkien hallinnassa ja sitä kautta tuo joustavuutta. Työstökoneiden kapasiteetti on yleensä laskettu käytettäväksi kokonaan eikä siellä silloin ole reservikapasiteettiä. Mahdollisia volyymipiikkejä tasataan sitten usein alihankkijan toimesta ja sitä kautta saadaan joustavuutta. Järjestelmien muunneltavuus voidaan huomioida esimerkiksi tilavarauksilla eli jätetään FM- järjestelmään tila mahdollista uutta konetta varten. Varaus voi olla uutta tuotetta varten tai volyymiennusteisiin perustuva kapasiteetti varaus. (Lapinleimu 1997)

2.6 Tuotannonohjaus

Tuotannonohjaus on yrityksessä tärkeässä roolissa. Sen tavoitteet on laatia tuotantosuunnitelma, olla tietoinen omasta sekä toimittajien kapasiteetista. Se vastaa kommunikoinnista myynnin kanssa jotta voi antaa realistiset toimitusajat. Vastata tilauskertymässä hallinnasta. Antaa impulssin materiaalilauksille ja valmistukselle. (Lapinleimu 1997)

2.6.1 Ajoitus ja kuormitus

Tuotantosuunnitelma tulee olla realistinen, jonka vuoksi valmistusyksikön mahdollisuudet tulee ottaa huomioon. Mahdollisuuksia mitataan kuormituslaskennan avulla. Jotta laskentaan voidaan luottaa on ajat pidettävä riittävän karkealla tasolla – varsinkin jos ne ovat arvioita, muuten voi tulla ristiriitoja yksityiskohdissa. (Lapinleimu 1997)

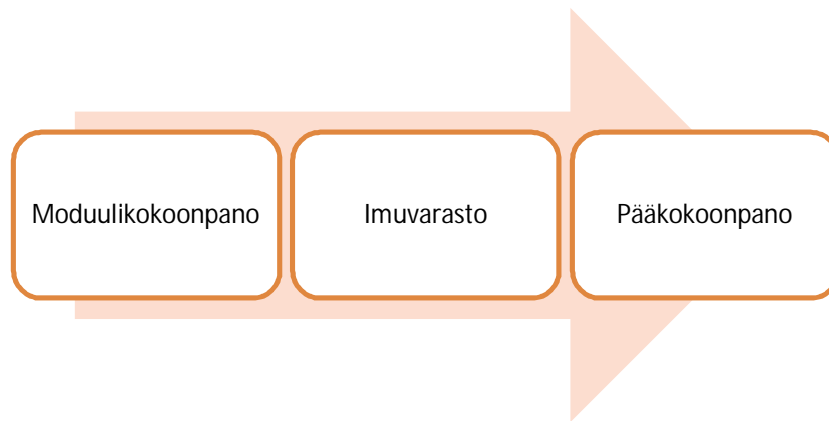
Laskentaa perustuu tiettyyn kuormitusmalliin. Mallit ovat tuotekohtaisia ja siinä kuvataan tuotteen läpäisyaikaa sekä tuotteen vaatimaa työaikaa. Malleissa käytetään selkeään ja yksinkertaista taulukko laskentaa. Kuormituslaskelmat eivät ole välttämättömiä, mutta ne ovat aputyökaluja tuotannonsuunnittelua varten. Tätä kutsutaan myös karkeakuormittamiseksi. Hienosuunnittelu on jo sitten yksittäisten työvaiheiden aikatauluttamista. (Lapinleimu 1997)

2.6.2 Kapasiteetin ohjaus

Kapasiteetin ohjaus koostuu kahdesta eri toiminnasta: kapasiteetin suunnittelu ja käytön suunnittelu. Kapasiteetin suunnittelu ja suunnitelmien toteutus kasvattaa valmistusyksikön työkykyä. Suunnittelu tapahtuu valmistusyksikössä. Keinoja voi olla monia, kuten vuorojärjestelmän muutos, uudet tehokkaammat koneet, konekannan lisääminen, resurssien lisääminen ja niin edelleen. Kapasiteetin käytön suunnittelussa mietitään miten sitä olemassa olevaa kapasiteettia hyödynnetään. (Lapinleimu 1997)

2.6.3 Valmistuksen ohjaus

Valmistuksen ohjaus tapahtuu valmistusyksikössä. Se ohjaa yksikössä tapahtuu materiaalivirtaa. Sen tavoitteena on mahdollistaa valmistussuunnitelma toteutuminen työtehtävien suunnittelun ja ohjauksen kautta. Siihen kuuluu myös yksiköiden välinen ohjaus (solujen, linjojen). On olemassa erilaisia ohjausmenetelmiä, joista yksi on imuohjaus. Imuohjaus voidaan toteuttaa imuvaraston avulla, tätä sanotaan ”aito imuohjaus”. Siinä osakokoonpano ja pääkokoonpanon välillä on välivarasto josta sitten pääkokoonpano ”imee” esimerkiksi moduuleja oman tarpeen mukaan kuvan X mukaisesti. (Lapinleimu 1997; Uusi-Rauva et al.1994)



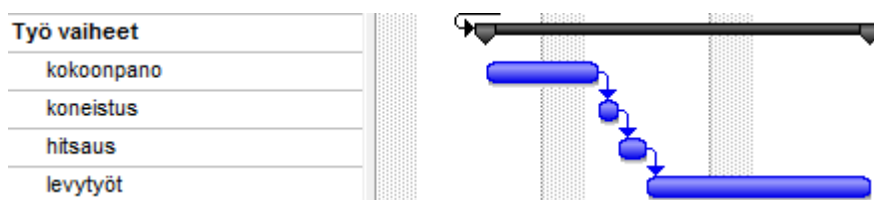
Kuva 2.3. Aito imuohjaus (lapinleimu 1997)

Paljon puhutaan kotiinkutsusta, joka impulssi kokoonpanosta jostakin tarpeesta. Esimerkiksi isojen moduulien osalta sovelletaan paljon tätä tilanrajoitteiden takia. (Lapinleimu 1997)

2.6.4 Hienosuunnittelu

Hienosuunnittelu on valmistuksen yksityiskohtainen suunnittelu. Sen avulla saadaan tarkka tuotantosuunnitelma, jonka perusteella tuotteet valmistetaan. Hienosuunnittelun pohjana käytetään karkeasuunnittelussa tehtyä tuotantoerien karkeaa ajoitusta. Hienosuunnittelussa tehdään tuotantoerät, suunnitellaan niiden eri työvaiheiden ajoitus ja luodaan tarkka suunnitelma resurssien käytöstä. Eri työvaiheiden ajoitus vaatii tuotteen eri työvaiheiden ja vaiheaikojen tuntemista. (Uusi-Rauva et al. 2005)

Tuotannon vaiheiden suoritusajankohtien määrittelyä sanotaan ajoitukseksi. Karkea- ja hienosuunnittelu edellyttävät sitä. Ajoitus pohjautuu vaiheaikojen laskentaan. Kapasiteettitarpeiden perusteella voidaan laskea, kuinka pitkän ajan mikäkin työvaihe tarvitsee tuotannossa. Tietokonegrafiikkaa voi hyvin käyttää apuna hienosuunnittelussa. Markkinoilla on olemassa paljon eri ohjelmistoja tähän tarkoitukseen, kuten esimerkiksi MS Project. Alla esitetty yksi esimerkki siitä. (Uusi-Rauva et al. 2005)



Kuva 2.4. Ganttin taulu (Uusi-Rauva et al. 2005)

Niiden avulla pystyy helposti tekemään Ganttin taulun. Jossa voidaan nopeasti järjestää työvaiheet oikeaan järjestykseen. (Uusi-Rauva et al. 2005)

2.7 Lean

Viisi S:ää on menetelmä jolla tehostetaan visuaalista ohjausta. Se perustuu työpisteiden siisteyteen ja hyvään järjestykseen. Sitä kautta parantaa myös työturvallisuutta. Viisi S:ää ovat *seiri* (lajittele), *seiton* (järjestä), *seiso* (puhdistaa), *seiketsu* (standardoi) ja *shitsuke* (ylläpidä). (Liker 2010)

JIT eli Just-in-time on Suomessa paremmin tunnettu määritelmällä ”juuri oikeaan tarpeeseen” (JOT), mutta se tarkoittaa samaa asiaa. Se perustuu jatkuvaan parantamiseen ja hukun eliminointiin. Sitä voidaan soveltaa lähes kaikilla toimialoilla aina sairaaloista metalliteollisuuteen asti. JIT avulla pyritään saavuttamaan suuren volyymin tuotanto minimaalisella varastolla. JIT:n perusidea on, että materiaali saapuu juuri oikeaan aikaan oikeaan paikkaan. Sen tavoitteena on myös ajoittaa valmistuminen niin, että se on oikeaan aikaan valmis eikä yritetä valmistaa varastoon. (Duncan 1988; Chase et al. 1995)

Jatkuva parantaminen on jatkuva ja päättymätön prosessi, jonka avulla saavutetaan pieniä voittoja pienillä parannuksilla. Sitä voidaan hyödyntää tuotteiden ja prosessin kehittämisessä. Se on tärkeä osa TQM (Total Quality Management) järjestelmästä. (Chase et al. 1995)

2.8 Tuotannon suunnittelu

Tuotannon suunnittelussa on tavoitteena luoda sellaiset valmiudet operatiiviselle toiminnalle, että saadun tilauksen jälkeen toiminta pelkistyy toteutukseksi. Tuotantotyyppi vaikuttaa merkittävästi tuotannon suunnitteluun. (Lapinleimu 1997)

2.8.1 Tuotantoanalyysi

Tuotantoanalyysillä pyritään selvittämään tarkemmin teknisiä perusteita. Sen keskeisin kysymys on mitä tarvitaan suunnittelutuotannon valmistamiseksi. Tahtiaika on tunnettu ja käytetty suure, joka hyvin havainnollistaa valmistuksen rytmiä. (Lapinleimu 1997)

Esimerkki 1. Tuotantotarve vuodessa on 100 kpl. Käytössä on yksi vuoro ja työpäiviä vuodessa noin 220. Yhden kappaleen valmistus kestää kaksi viikkoa. Tällöin yksi solu pystyy valmistaa 22 kappaletta vuodessa. Jotta voidaan tarvittava volyyymi valmistaa tarvitaan vähintään viisi solua. Tällöin jää myös hieman kapasiteettia myös reserviin.

Tuotantoanalyysi käytetään pohjana, kun suunnitellaan valmistusjärjestelmän struktuuria ja ohjausperiaatteita. Tuotantoanalyysia varten pitää pohjatiedot kuitenkin olla olemassa, kuten tuotantotarve, tahtiaika ja niin edelleen. (Lapinleimu 1997)

2.8.2 Kuormitustiedot

Kuormitustiedot eli tuotetiedot tarvitaan valmistuksen operatiivista ajoitusta varten. Tuotetietoja ovat tuotteen valmistuksen läpäisy aika, osavalmistuksen läpäisy aika, valmistusajat valmistusyksiköittäin ja standardieräkoot. Tuotteen osan perustietoja ovat läpäisy- ja valmistusaika. Kuormituslaskentaa varten riittää jos tiedetään työvaiheiden aikojen summa ja se on itse asiassa parempi. (Lapinleimu 1997)

3 PROJEKTIINHALLINTA

Projektinhallinta on hyvin vanha käsite. Projektinhallinta on jokapäiväistä ja projekteja vetää ohjelmoijat, johtajat, testaajat ja tiiminvetäjät, joten pelkästään projektipäälliköt eivät toimi vastaa projekteista. Projekti on joukkoihmisiä, jotka kerätty tilapäisesti kasaan suorittamaan tiettyä tehtävää (Berkun 2006; Ruuska 2008)

Projektinhallinta on tiedon, taidon, työkalujen ja tekniikoiden soveltamista. Niiden avulla voidaan saavuttaa projektille asetetut vaatimukset. Se sisältää kaikki projektinhallinnan prosessi vaiheet aina aloittamisesta ja suunnittelusta projektin toteuttamisen kautta sulkemiseen asti. Joten projektinhallinta ei ole pelkkää aikataulutusta. Se on vain päätyökalu projektinhallinnassa. (Lewis 2007)

3.1 Aikataulun laatiminen

Ratkaisevia aikatauluja projektissa on kolmentyyppisiä: edistymisen, henkilökohtaisia ja budjetin. Edistymisaikataulussa tehtävällä on käynnistämisen- ja päättymispäivät, jotka muodostavat perustan muulle aikataululle. Henkilökohtaisenaikataulu sisältää henkilön omat sitoutumiset. Budjettiin perustuvat aikataulu seuraa rahanmäärää ajanfunktiona. Aikataulu on tuskin valmis ensimmäisellä kertaa vaan vaatii paljon iterointia. Aikataulun pohjana käytetään WBS:ää (work breakdown structure) eli työnositusrakennetta. Aikataulusprosessi menee Forsberg et al. 2003 mukaan seuraavasti

- Yhdistä tehtävät ja muodosta projektin verkosto.
- Määrittele ja arvioi riskit.
- Muodosta riskien pienentämistoiminnot ja lisää ne verkostoon.
- Selvitä tehtäviin kuluva aika.
- Määrittele kriittinen polku.
- Lyhennä kriittistä polkua.
- Sitouta suorittaminen tehtävistä aikataulun mukaan.

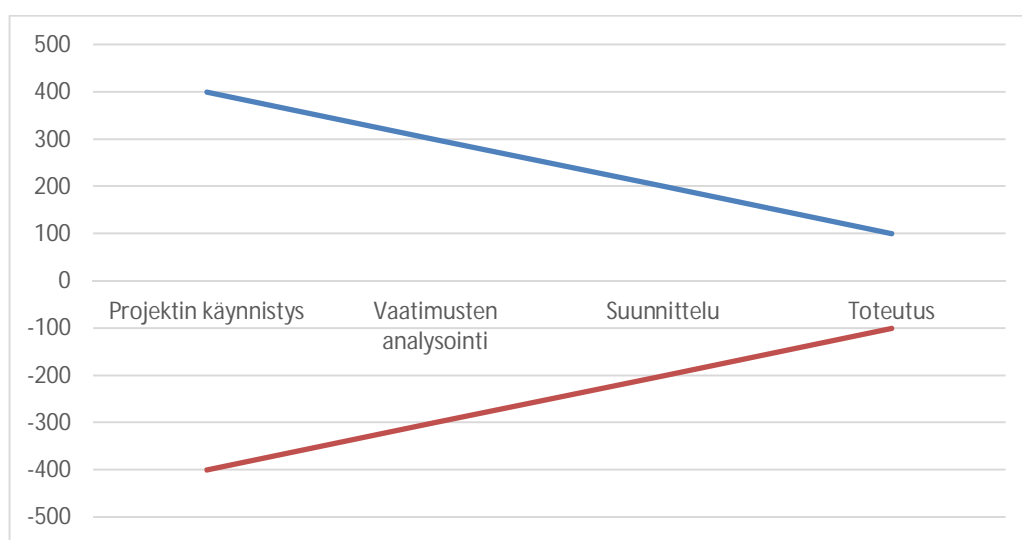
Aikataulun kannalta on erittäin tärkeää määrittää kriittiset tehtävät, koska usein niihin on sidottu muitakin tehtäviä. Kriittisten tehtävien venyminen voi vaikuttaa aikatauluun ja sen toteutumiseen negatiivisesti (Lehtonen 2004)

3.2 Totuus aikatauluista

Projektinhallinnassa aikataulut perustuvat hyvin pitkälti todennäköisyyksiin ja ennustuksiin, ja nämä tekee siitä haastavan laatia. Kuten Ashton et al. 1970 toteavat, että ennustamiseen ei ole mitään tekniikoita. Vaan monesti arviot ravistetaan hihasta, joka

sinänsä ei ole huono jos se perustuu kokemukseen. Käytännössä se voidaan toteuttaa niin, että kaksi asiantuntijaa antaa arvion ja lopputulos on sitten niiden keskiarvo. Usein myös parhaan arvion pystyy antaa itse työnsuorittaja. Lähes joka päivä joudumme ennustaa mitä tapahtuu tulevaisuudessa perustuen vanhoihin kokemuksiin. Ennustaminen myös vaikeutuu mitä pienempiin osiin aika pilkotaan; vuosi, kuukausi, päivä, tunti ja niin edelleen. (Ruuska 2008; Berkun 2006; Ashton et al. 1970; Lewis 2007)

Ongelmana voi olla arvioida mikä on riittävän tarkka taso. Esimerkiksi, jos yhden tehtävän kesto on 20 viikkoa, niin tuleeko se koskaan valmiiksi? Aina voi aloituksen siirtää huomiseksi ja jossain vaiheessa huomaa, että on jo myöhässä. Hyvänä näppituntumana voi pitää, että tehtävä ei kestä 4-6 viikkoa kauemmin. Aikataulu tarkentuu usein projektin etenemisen myötä, kuten kuvassa 3.1. On vain muistettava päivittää sitä projektin edetessä. (Berkun 2006; Ashton et al. 1970; Lewis 2007)



Kuva 3.1. Projektin etenemisen myötä arviointivirheiden vaihteluväli (Berkun 2006)

Aikataulu arvioiminen on haastavaa, mutta siihen on myös olemassa kaksi eri menetelmää kehittää sitä. Ensimmäinen on käydä tehtävä läpi alkaen lopusta ja työskennellä takaperin kunnes tulee alkuun. Toinen tapa on tehdä sama, mutta toisinpäin eli työskennellä alusta loppuun ja tämä on varmasti helpompi tapa. (Lewis 2007)

Aikataulu jaetaan eri työkohteiksi joka muodostaa työnositusrakenteen (WBS), mikä muodostaa projektin varsinaisen aikataulun kun ne vielä jaetaan järkevään järjestykseen. Työn voi arvioida hyvin tai huonosti, hyvä todennäköisesti toteutuu kun taas huono ei taas todennäköisesti toteudu. Aikataulun laatiminen on aktiivista prosessointia, jossa tarkistetaan ja käydään läpi tehtyjä arviointeja ja pyritään saamaan ne riittävälle tasolle. Sen vuoksi on myös kannattavaa ottaa muita tiimejä mukaan sitä tehdessä, jotta voivat osallistua, antaa mielipiteensä ja kyseenalaistaa arvioita. Arvioinnista tekee myös haastavaa se, että harva ihminen tykkää arvioida jotakin monimutkaista asiaa, josta he

lopulta joutuvat tilille. Hyvät arviot perustuvat luotettaviin suunnitelmiin ja vaatimuksiin. (Berkun 2006)

3.2.1 Hyvien arvioiden varmistaminen

Luodaan perusta arvioiden luotettavuudelle. Arvaus pitää paikkansa 40 prosentin tarkkuudella. Hyvän arvion todennäköisyys on 70 prosenttia. Yksityiskohtainen ja tarkan analyysin todennäköisyys on 90 prosenttia. Jos halutaan aikataulu joka pitää paikkansa yli 90 prosentin todennäköisyydellä, niin se vaatii paljon enemmän aikaa. Usein tätä ylimääräistä aikaa ei ole. (Berkun 2006)

Kyseenalaistaminen on tervettä tässäkin, kaikkea ei kannata niellä maistamatta. Perustelu arviolle tarvitaan ja hyvillä kysymyksillä se saadaan. ”Tämä on pelkkä arvaus” ei ole vastaus. Hyviä lähestymistapoja kannattaa käyttää. Luottamus on tiimissä tärkeä asia ja arvioihin on monesti vain luotettava. Hankalaksi ei voi heittäytyä. Arviot perustuvat hyvin pitkälti siihen kuinka hyvin projektin tavoitteet on ymmärretty. Ja niiden olisi hyvä perustua aikaisempiin kokemuksiin. ”Pyörää ei tarvitse keksiä uudestaan” pätee tässäkin. Ottamalla mukaan useammasta eri tiimistä henkilöitä, saadaan monesti enemmän kokemusta ja näkemystä. Rajansa kuitenkin tässäkin – kaikkien mielipidettä ei voi kysyä. Tuotanto pystyy tekemään hyviä arviointeja vain, jos spesifiointi ja suunniteltu laatu on sillä tasolla. Arvioinneissa voidaan käyttää eri tekniikoita ja työkalu, joista tunnetuin on PERT -analyysi. Alla laskukaava PERT -analyysiä varten (Berkun 2006; Kerzner 2005)

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Kaavassa t_e = odotettu aika, a = optimistisin aika, b = pessimistisin aika, ja m = todennäköisin aika. PERT -analyysissä on paljon käytetty menetelmä. Siinä otetaan huomioon eniten pessimistinen ja eniten optimistinen näkemys huomioon. Laskukaava on kuitenkin yhtä viisas kuin on siihen syötetyt arvot. (Kerzner 2005)

3.2.2 Aikataulun ongelmat

Vaikka arviot olisi tehty kuinka tarkasti perustuen luotettaviin lähteisiin, niin se ei ole kuitenkaan niin yksiselitteistä. Yksittäiset rivit (työvaiheet) eivät sisällä kaikkea siihen vaikuttavia tekijöitä ja suurimmat riskit eivät siinä näy. Mahdollinen sairauspoissaolo voi laittaa aikataulun uusiksi. Epäonnea mahtuu usein mukaan eikä sitä voi ennakoida. Siinä vaiheessa voi esittää monia eri kysymyksiä: ”mikä meni pieleen?”. Se mikä siitä tekee surullista on se, että vaikka kuinka hyvin asiat loksautti kohdalleen, niin aikataulu petti. Aikataulukin voi kärsiä lumipallo –efektistä, kun tapahtumien sarja pääsee kunnolla valloilleen. (Berkun 2006)

3.2.3 Aikataulut myös toimivat

Vaikka aikataulujen laatiminen on haastavaa, niin on myös keinoja miten riskit voidaan minimoida ja hyödyt maksimoida. Projektin muutosherkkyys pitää huomioida etapin pituuksissa. Liian pitkät etapit hankaloittavat työn hallintaa, koska lyhyet etapit sisältävät enemmän tarkistuksia. (Berkun 2006)

- Vision pitää olla optimistinen ja aikataulun skeptinen. Psykologinen haaste on olla riittävän skeptinen heikentämättä kenenkään intoa tai motivaatiota.
- Luottamus ja erityisesti luottamus suunnitteluun. Suunnitteluprosessi on paras takaus tietämättömyydelle ja odottamattomien asioiden varalta.
- Tarkistuspisteet ovat tärkeitä. Niitä kannattaa varata lisäysten ja leikkausten käsittelemistä varten.
- Suunnittelufilosofia pitää olla kaikkien tiedossa. Tiimin pitää olla tietoinen miten aikataulu on laadittu, mitä tekniikkaa ja lähestymistapaa on käytetty.
- Tiimin kokemus on ratkaisevassa asemassa ongelma tilanteessa, varsinkin jos vastaavanlaisesta ongelmasta on kokemusta.
- Aikatauluun vaikuttaa paljon tiimin yhteistyökyky. Sen takia on tärkeää arvioida tiimin luottamusta ja kokemusta keskinäisestä työskentelystä
- Riskienhallintaa kannattaa hyödyntää myös aikataulussa. Riskit pitää käsitellä varhaisessa vaiheessa.

Kuitenkin on muistettava, että aikataulu on vain arvio ja ei kannata odottaa kaikkien yksityiskohtien tarkentumista. Loppujen lopuksi tärkeintä on, että työt saadaan tehtyä ja aikataulu on vain työkalu töiden hallintaan. (Ruuska 2008)

4 RISKIENHALLINTA

Projektinhallinta on vaihtelevien olosuhteiden ja epävarmuuden hallintaa, kun taas riskinhallinnalla pyritään tätä epävarmuutta vähentää. Perinteisesti riskienhallinta on mielletty prosessiksi, jonka avulla yritys pyrkii ehkäisemään ja minimoimaan mahdollisia vaaroja ja niistä aiheutuvia menetyksiä. Riskin tunnistamisen ja riskienhallintaohjelman toteuttamiseen väliin mahtuu useita erivaiheita jotka ovat riskienhallinnan menestyksellisen prosessin pohja. Riskienhallintaa voidaan tarkastella kahdella eri tavalla suppeana tai laajennettuna ajattelu- ja toimintatapana riippuen siitä millaiset riskit toimintoon sisältyy. Modernin, laajemman määrittelyn mukaan riskienhallinta koskee kaikkia yrityksen toimintojen riskien suojaamisen. Yritys tarvitsee, riippumatta riskienlajista, riskienhallinnan kokonaisvaltaista suojaa. Yrityksen tavoitteena on totta kai parantaa suojaa ja turvallisuutta riskienhallinnan kautta, vaikkakin vahinko- ja liikeriskien suojaustavat muodostuvat hyvin erilaisiksi. (Suominen 2003; Ruuska 2008)

Riskienhallinta monesti perustuu terveeseen järjenkäyttöön ja yksinkertaisiin, hyväksi todettuihin menetelmiin. Pienissä yrityksissä tämä vielä korostuu, koska yleensä ei ole omaa resurssia riskienhallintaa varten vaan se on osa jokaisen jokapäiväistä työtä. Isoissa yrityksissä riskienhallintaa käytetään usein myös asiantuntijoita, mutta huomioitavaa on että pelkkien asiantuntijoiden käyttäminen riskienhallinnassa tekee siitä helposti tehotonta. On olemassa näkemys, jonka mukaan riskienhallinta on tehokasta mikäli se on integroitu suoraan liikkeenjohtojärjestelmään. (Suominen 2003))

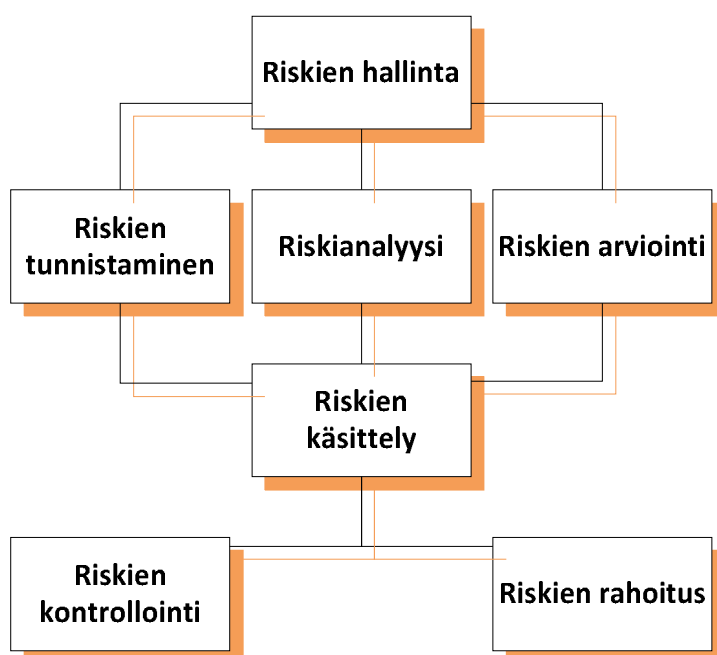
Riskienhallinta kenttä ei ole kovin yksiselitteinen. Se on monilta osin hyvin monimuotoinen ja sisältää hyvin paljon erilaisia asioita. Siihen kuuluu ajattelua ja konkreettisia tekoja. Kenttää voidaan kuvata pelikenttänä jossa joukossa on pelaajia, tuomareita, lääkäreitä, huoltajia, valmentajia ja kaikki ovat siellä ”säheltämässä”. Jos tämä kenttä on tehokkaasti organisoitu niin se pitää toimintakykynsä. Vahva organisointi ei kuitenkaan ole mitään helppoa vaan se vaatii taitavan ja tehokkaan kuuluttajan. Riskienhallinta on osa yrityksen turvallisuus ajattelua ja koskee kaikkia yrityksen osaluueitten organisaatio tasoja. (Suominen 2003)

Riskienhallinta on yrityksen omaleimainen toiminto. Se auttaa koko yritystoimintaa. sen tulokset on mitattavissa ja sitä voidaan hallinnoida oman budjetin avulla. Suominen 2003 mukaan ”aito riskienhallinta etenee suunnitelman mukaisena, vaiheittaisena toimintaprosessina”. (Suominen 2003)

4.1 Riskienhallinta prosessi

Riskienhallintaprosessissa on usein käytetty kahta peruspilari: minkälaisen suojan riskienhallintatoimet antavat ja mitä ne maksaa. Usein yritykset joutuvat pohtia ratkaisujaan juuri näiden kahden pilarin pohjalta. Tietoisien riskien ottaessa, esimerkiksi laajentamalla omaa liiketoimintaa, yrityksen on varmistettava että se pystyy kantaa siitä aiheutuvat taloudelliset riskit. Prosessi alkaa määrittelemällä riskianalyysi. Analysoidut riskit voidaan mukauttaa yrityksen normaaliin toimintaan. Riskienanalyysi tehdään tunnistamalla ja arvioimalla riskit. Riskianalyysin jälkeen riskit otetaan käsittelyyn. Hankitaan tarvittava rahoitus, tehdään tarvittavat toimenpiteet ja otetaan vakuutus. Joissain yrityksissä se jää sitten siihen, kuitenkin on väärin ajatella, että ”se on siinä” koska todellisuudessa lopputulos ei ole hyvä – ainakaan pitkällä aikavälillä. (Suominen 2003)

Riskienhallinnassa avainelementtejä ovat perinteisen määrittelyn mukaan riskien arviointi, kontrollointi ja rahoitus. Yrityksen riskienhallinnan kannalta on välttämätöntä kontrollointitoimien ja rahoitustoimien toteuttaminen. Prosessi on esitetty alla olevassa kuvassa 4.1. (Suominen 2003)



Kuva 4.1. Riskienhallinnan prosessimalli (Suominen 2003)

Kontrolliväleinä on olemassa viisi joita kutsutaan myös riskienhallinta keinoiksi. Riskien kontrollointi perustuu yritys johdon realistiseen näkemykseen siitä mitenkä he kykenevät erilaisten riskienhallintatoimien avulla muuttamaan yrityksen riskialttiutta ja minimoimaan riskikohteille aiheutuvia menetyksiä. On myös toinen näkemys jonka mukaan aiheutuvat vahingot voidaan ennakoida paremmin riskienhallinnalla. Sen lisäksi vahinkotapahtumien virtaa voidaan muuttaa tasaisemmaksi, mikä tekee yrityksen

liiketoiminnasta vähemmän yllätyksellistä. Näiden kahden riskienkäsittelyprosessin välillä on se ero, että riskien kontrolloinnissa huomio keskittyy riskien syihin, kun taas riskien rahoittamisessa se kohdistuu riskien seurausvaikutuksiin. Prosessi jatkuu riskien kontrolloinnin ja rahoituksen jälkeen riskien keinoihin. (Suominen 2003; Berg 1996)

4.1.1 Riskianalyysi ja sen vaiheet

Riskianalyysin tavoitteena on selvittää riskikohteet, riskien todennäköisyys, riskien vakavuus ja riskeistä aiheutuvat seurausvaikutukset. Jotta voidaan puhua riskianalyysistä riskienhallintaprosessi tulee edetä suunnitellussa järjestyksessä. Riskianalyysi määrittellään joko suppeasti tai laajasti. (Suominen 2003)

Suppeassa määrittelyssä keskitytään enemmän teknispainotteisesti tarkasteluun, jonka avulla pyritään tunnistetaan ja arvioidaan esimerkiksi tuotantojärjestelmän ympäristölle ja käyttäjille aiheutui riskejä. Riskianalyysin tavoitteena on selvittää riskien todennäköisyys ja seuraukset. Riskianalyysin etuja on, että siinä riskit käydään systemaattisesti läpi. Riskienhallinta on hyvä aloittaa analysoimalla ensiksi kohteen riskejä tai turvallisuustekijöitä. Riskianalyysi soveltuu juuri turvallisuusriskien analysointiin, myös ympäristöriskien analysointiin. Etenkin prosessiteollisuudessa riskianalyysit ovat ottaneet sijansa, koska niiden tavoitteena on varmistaa luotettavuutta ja käyttövarmuutta. (Suominen 2003)

Laajasti määritetyssä riskianalyysissä keskitytään lähes koko riskienhallintaprosessiin. Siinä määritetään ja arvioidaan riskit. Se sisältää myös kokemiseen ja hallintaa liittyviä asioita. Riskianalyysin avulla voidaan arvioida lähes kaikkea, myös toiminnan tehokkuutta ja uskottavuutta. (Suominen 2003)

Riskienanalyysin tuloksien perusteella yritys pystyy suunnata oikeat voimavarat oikeisiin paikkoihin löytämällä lisää riskisuojaa vaativia kohteita. Riskianalyysi helpottaa myös riskienhallintatyötä yrityksessä. Analyysia voidaan hyödyntää myös yrityksen sisäisessä toiminnassa kuten koulutuksessa. Riskienhallinnan kannalta on tärkeää tunnistaa varsinkin heikot kohdat etukäteen. (Suominen 2003)

4.1.2 Riskikohteiden tunnistaminen

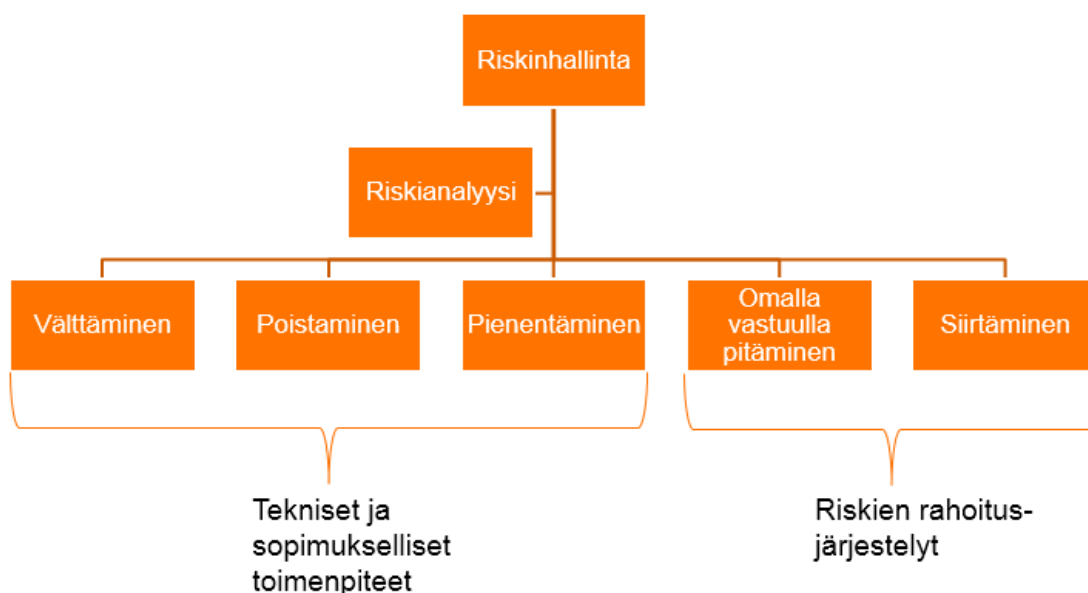
Riskianalyysi alkaa riskien tunnistamisesta ja se on myös välttämätöntä toimivan riskianalyysin kannalta. Käytännössä yritys pystyy tunnistaa vaaratilanteet käyttämällä erilaisia menetelmiä. Tunnistamista varten tarvitaan helpottavia välineitä, jotta voidaan arvioida onko kyseessä edes mahdollinen riski. Välineistön avulla saadaan juuri ne riskit ”kaivettua” mitkä helposti jäisi havaitsematta ja monesti niistä ei ole ollut mitään tietoa. Tunnistus alkaa yleensä yksinkertaisella ”mitä, missä, milloin” –tyyppisellä kysymyssarjalla. (Suominen 2003)

4.1.3 Riskien arviointi

Riskientunnistamisen jälkeen niitä voidaan arvioida – laajuutta ja seurausvaikutuksia. Ideana on, että riskit saataisiin keskinäiseen järjestykseen. Riskien arviointiin voidaan käyttää erilaisia analyysimenetelmiä. Analysointimenetelmiä on hyvä käyttää kahta tai useampaa yhtä aikaa, jotta mahdolliset riskit saadaan paremmin esille. Menetelmä valitaan vaikuttaa yrityksen toimiala, toiminnan laajuus ja toiminnot. Menetelmiä ovat esimerkiksi poikkeamatarkastelu, Vika-analyysi (VVA), Toimintavirheanalyysi ja niin edelleen. (Suominen 2003; Berg 1996)

4.2 Riskienhallinta keinot

Yleensä riskienhallintakeinoja tarkastellaan kirjallisuudessa niin, että kirjoittaja on laatinut oman luettelonsa keinoista tai toimintatavoista joita voidaan sitten soveltaa käytännössä. Lähtökohtaisesti tämä on toimiva ratkaisu. Berg 1996 on esittänyt luettelon hallintakeinojen perusratkaisut kuvassa 4.2.



Kuva 4.2. Riskinhallinta keinot (Berg 1996)

Nämä keinojen nimikkeet ovat myös melko vakiintuneet suomenkielessä. Seuraavissa kappaleissa käsitellään tekniset ja sopimukselliset toimenpiteet. (Suominen 2003; Berg 1996)

4.2.1 Riskien eliminointi

Riskienhallintakeinoista riskien välttämistä voidaan pitää merkittävimpana keinona, jota voidaan tavallaan viitata riskien poistamiseen. Tämä käytännössä tarkoittaa sitä, että tunnistettu riski pitää pystyä poistamaan jollain toimenpiteellä. Toimenpide voi olla esimerkiksi, että luovutaan jostakin materiaalista tai toiminnasta, jotka ovat riskialttiita.

Riskien poistaminen on kaikkien tavoite loppu pelissä, mutta täysin riskittömän järjestelmän tai koneen rakentaminen on lähes mahdotonta. Raha on myös yksi iso asia, koska riskien poistaminen yleensä ottaen aiheuttaa kustannuksia varsinkin, kun puhutaan turvallisuusriskeistä. Työturvallisuus asiat ovat tärkeitä mutta riskiarvioiteja tehdessä on yleensä vain hyväksyttävä jokin riskitaso. Koska jonkun riskin poistaminen monesti kasvattaa toista riskiä tai tuo uusia riskejä. (Suominen 2003)

Riskien välttäminen on peruskeino riskienhallinnassa. Riskejä välttääkseen yritys esimerkiksi alkaa käyttää riskittömiä materiaaleja. Ideana on että yritys pyrkii toimimaan entistä varovaisemmin ja se korostuu erityisesti liikeriskien välttämisenä. Kuten riskien poistaminen, niin myös välttäminen ei ole aina mahdollista ja moni on sitä mieltä, että riskien välttäminen ei ole edes järkevä toimintatapa. Riskien välttämien takia jokin yritys voi pitäytyä omassa liiketoiminnassa, eikä laajenna sitä. (Suominen 2003)

4.2.2 Riskien pienentäminen

Riskien pienentämisen tarkoitus on minimoida riskistä aiheutuva seuraus tai sen todennäköisyys. Riskin pienentäminen voi tarkoittaa riskin osan pienentämistä. Riskin pienentämisen hallintakeinoja ovat riskien jakaminen ja riskien yhdistäminen, joista riskien jakaminen on yleisemmin käytetty ja tunnettu. Siinä ideana on, että itsenäisiä riskikohteita määrää lisätään. Se parantaa todennäköisyyttä, että yhden riskin toteutuessa ainakin osa riskeistä jää toteutumatta ja siten sen yhden toteutuneen seuraukset ovat melko pienet. Lopulta kuitenkin täydelliseltä tuhoutumiselta vältytään. Esimerkiksi matkustajalaivat koostuvat useasta vesitiiviistä moduulista, jolloin yhden täyttyessä vedelle muut pysyvät eivät. Tämä kuitenkin ei poista sitä riskiä että laiva ei voisi upota. (Suominen 2003; Berg 1996)

Kombinointi eli riskien yhdistäminen. Esimerkiksi vähittäiskauppa voi laajentaa toimintaansa ostamalla toisen kaupan toiselta paikkakunnalta eli silloin riskikohteita on useampi. Silloin, jos toinen kaupoista menisi nurin, niin kauppias voi jatkaa toimintaansa kuitenkin toisen kaupan avulla. Riskien jakaminen tuo yritykselle myös lisäkustannuksia, koska esimerkiksi varaosa ja kaksoiskappaleiden hankintaa pidetään kombinoinnin sovelluksena. (Suominen 2003)

Riskien pienentäminen on helppoa myös hyvällä informaation hallinnalla. Nykyään kiinnitetään paljon huomiota työturvallisuuteen ja monessa yrityksessä on tavoitteena nollatapaturmaa. Tapaturmia pystytään ehkäisemään ja riskejä pienentämään kun riskeistä kerrotaan avoimesti. (Suominen 2003)

4.2.3 Vahingontorjunta

Klassisin painopistealue riskinhallinnassa on ollut vahingontorjunta, jonka avulla pyritään pienentämään riskin aiheuttamien seurauksien kustannuksia tai estämään riskien

toteutuminen. Ennalta ehkäisevillä toimenpiteillä voidaan tehokkaasti torjua onnettomuudet ja niiden vahingot. Se vaikuttaa myös vahingon todennäköisyyteen ja siitä aiheutuvaan vahingon laajuuteen. Perus ideana voidaan pitää, että sen tarkoitus on lisätä yrityksen turvallisuutta. Esimerkiksi työturvallisuuslaissa on määritelty pelastussuunnitelma, joka on vahingontorjuntaa. Moni vakuutusyhtiö jopa vaatii jonkin tason vahingontorjuntaa tai ainakin huomioivat sen alennuksena vakuutuksen hinnassa. (Suominen 2003; Berg 1996)

Tulityölupa on pakollinen nykyään, kun tehdään työtä joka voi aiheuttaa tulipalon, niin siinäkin on vahvasti määritelty, mitä esisammutusvälineitä pitää käyttää ja niiden avulla voidaan ehkäistä tulipalon syntyminen tai leviäminen. Tulityöluvasta pitää myös informoida muita asianomaisia, kuten esimerkiksi kiinteistönhuollosta vastaa henkilöä. Tulityölupa on hyvä esimerkki siitä että kaikki vahingontorjuntatoimien kenttä pitää kokonaisuudessa huomioida. Siihen kenttään kuuluu vahingon ennaltaehkäisy, vahingon ilmaisun, ilmoituksen siirron, hälytyksen tekemisen, torjuntatoimet vahingon yhteydessä ja jälkivahingon torjunnan. (Suominen 2003; Berg 1996)

Vahingontorjuntatoimet usein jaetaan kolmeen eri toimeen: vahinkoa ennalta ehkäisevätoimi, vahinkoa rajoittaviin toimiin ja jälkivahinkojen torjuntaan. Ennalta ehkäistä toimia ovat esimerkiksi turvallisuusinvestoinnit, kuten sprinklerilaitteet. Se myös yleensä sopii kaikkiin riskeihin Rajoittavalla vahingontorjunnalla voidaan rajoittaa jo syntynyttä vahinkoa vahinkotapahtuman aikana, josta hyvänä esimerkkinä pelastustoimet kun vahinko on jo sattunut. Jälkivahinkojen torjunta tarkoittaa, että pyritään jo aiheutuneesta vahingosta torjua lisä- ja seurausvahingot, kuten esimerkiksi vesivahingon sattuessa pyritään rakenteen kuivaamaan mahdollisimman hyvin ja nopeasti että rakenteisiin ei ala muodostumaan homeitiöitä. (Suominen 2003; Berg 1996)

5 TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO

Vaiheistuksen kehitykseen käytettiin pohjana W32V20D standardimoottorille tehtyä vaiheistusta ja aikataulu. Sitä verrattiin testimoottorin vaiheistuksen ja niiden pohjalta lähdettiin kehittämään uutta vaiheistusta. Vaiheistuksessa käytettiin apuna moottorierittelyä myös, josta nähtiin mihin vaiheeseen mikäkin kuuluu. Näiden pohjalta tehtiin ehdotelma vaiheistuksesta, joka käytiin läpi verstaiden kanssa. Verstailta osallistui työntekijöitä ja menetelmämiehiä. Vaiheistusta käytiin läpi monessa eri palaverissa ja usein työntekijät vaihtuivat myös seuraavaan palaveriin. Näin myös saatiin luotettavampaa dataa kun huomattiin, että vaiheistus on sama monen mielestä.

Aikataulutusta tehtiin hyvin pitkälti samalla lailla kuin vaiheistuskin. Aikataulutusta tehdessä oli myös verstpäälliköitä ja kehitys insinöörejä mukana. Aikataulutusta oli hyvin pitkälti jatkuvaa PERT -analysointia, koska näkemyksiä työvaiheiden kestosta oli yhtä paljon kuin oli osallistujia. Oli pessimistisiä, optimistisiä ja siltä väliltä olevia arvioita.

6 NYKYTILANNE

Nykytilanne arvio tehtiin EDG testimoottorin osalta. Kyseessä oli ihan uusi tuote uusilla vaatimuksilla. Nykytilanne arvio tehtiin osakokoonpanolle ja pääkokoonpanolle. Nykytilanteen arvioinnin tarkoitus oli saada käsitys koko valmistusprosessista, joka sitten helpottaa kokoonpanon aikataulun ja vaiheistuksen suunnittelua. Kokoonpanon läpimenoajasta oli tehty arvio, jonka pohjalta oli mietitty kapasiteetin riittävyyttä. Tätä arviota haluttiin myös hieman tarkentaa.

6.1 Varavoimadieselgeneraattori

Varavoimadieselgeneraattori eli EDG:n valmistus poikkeaa hyvinkin paljon normaalista standardimoottorin valmistuksesta, joka aiheuttaa haasteita valmistuksen osalta jokaisessa prosessivaiheessa. Lähes kaikki, mitä tehdään, pitää dokumentoida, koska kaikki pitää olla jäljitettävissä. Tämä myös asettaa rajoituksia ja vaatimuksia valmistuksen osalta. Erillinen varastointi komponenteille ja sinetöidyt pakkaukset ovat perusvaatimuksia. Kokoonpanossa kaikki mittaukset kirjataan ja dokumentoidaan tarkasti. Kaikki toimittajalta saapuvat komponentit tarkistetaan. Minkäänlaisia laatupoikkeamia ei voida hyväksyä, koska pienikin laatupoikkeama voi aiheuttaa suuren riskin loppuvaiheessa. Esimerkiksi komponentin toimituksen yhteydessä puuttuva dokumentti johtaa suoraan hylkäämiseen ja tämä asettaa myös toimittajille haasteita.

Kokoonpanossa ennustettavuus on myös olennainen asia, koska normaalista poiketen EDG:n kokoonpano sisältää Hold Pointteja lohkokoneistuksessa, moduulikokoonpanossa, pääkokoonpanossa ja viimeistelyssä. Käytännössä Hold Point on siinä vaiheessa, kun asennetaan kriittisiä komponentteja. Sen tarkoitus on pienentää riskejä, jotta asennuksen aikana mikään ei menisi pieleen. Se, mikä tekee Hold Pointeista erikoista ja haastavaa, on se, että niistä pitää ilmoittaa 30 päivää ennen joka käytännössä tarkoittaa sitä että pitää tietää missä vaiheessa kokoonpanoa mennään 30 päivän päästä. Asiakas on mahdollisesti mukana Hold Pointin aikana jonka takia siitä pitää ilmoittaa etukäteen. Jokaisesta Hold Pointista täytetään pöytäkirja johon merkitään kaikki siinä vaadittavat tiedot. Hold Point pöytäkirjan tarkoitus on kontrolloida tarkistusta ja varmistaa, että kaikki tarkistetaan ja tehdään oikein eli varmistetaan laatua ja minimoidaan riskit. Jokaisessa tarkistuspisteessä tarkistetaan piirustukset, työohjeet, materiaalit, työkalut ja/tai mittavälineet ja nostotyökalut. Sen lisäksi jokaisen työntekijän on pitänyt suorittaa työn kuvaa vaativat koulutukset. Hold Pointtien takia myös kokoonpano kestää arviolta monta kertaa kauemmin kuin normaalisti kestäisi.

6.2 Komponentti kategoria

EDG:n kaikki komponentit on jaettu kolmeen kategoriaan esimerkiksi A, B ja C. Kolmen kategorian tarkoitus on jakaa komponentit niiden kriittisyyden mukaan. Kriittisyyden määrittämiseen on käytetty FMECA (failure mode, effects and criticality analysis). Määrittäminen on tehty suunnittelu vaiheessa. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että mikä vaikutus komponentilla on moottorin operointiin eli pystytäänkö moottoria operoimaan komponentin viasta huolimatta vai ei. A komponentit sisältävät suuren riskin, B sisältää kohtuullisen riskin ja C komponentit pienen riskin. Esimerkiksi sylinterikannen vaurioituminen aiheuttaa moottorin pysäyttämisen, jolloin se kuuluu A luokkaan ja jonkin mutterin vikaantuminen ei aiheuta moottorin pysäyttämistä jolloin se kuuluu C luokkaan. C luokka on niin sanottu ”business as usual” eli ne komponentit eivät poikkea normaalista toiminta tavasta.

Komponenttien jäljitettävyys on suurin yksittäinen eroavuus verrattuna standardi moottorin vaatimukseen. Tämän takia dokumentaatio on merkittävässä roolissa EDG:n osalta. Jonka vuoksi kaikille A ja B komponenteille tehtiin uudet materiaalinumerot. Materiaaleille on varattu oma varasto, jolla varmistetaan se että ne eivät sotkeudu normaalin tuotannon materiaaleiden kanssa. Materiaaleista löytyy myös materiaalinumero ja komponentti kategoria merkinnät joista ne myös erottaa. Sen lisäksi komponenteista voi löytyä muutakin tietoa, kuten esimerkiksi piirustusnumero, mutta lisä merkinnät ovat sitten komponenttikohtaisia. Materiaaleja liikutellaan aina sinetöidyissä seteissä, joten ainakin luulisi että sekoittuminen normaalien materiaalien kanssa on lähes mahdotonta.

Valmistuksesta on laadittu tekninen raportti. Sen tarkoitus on kuvata valmistus ja kokoonpano vaiheet EDG:lle jonka Wärtsilä Power Plants toimittaa. Raportti sisältää myös paljon muuta tietoa, kuten kaikki A ja B komponentit sekä tiedon siitä missä vaiheessa pääkokoonpanoa A komponentit tarvitaan. Sen lisäksi siihen on merkitty mitä testejä sille on tehty, tarkistus ja testaus suunnitelman numero, materiaalinumero ja niin edelleen. Sen lisäksi on laadittu oma raportti tarkistus ja testaus suunnitelmasta, jossa on kuvattu kaikki tarkistuspisteet ja mitä niissä tehdään, missä järjestyksessä ja ketä silloin on paikalla.

6.3 Tuotetehdas

Tuotetehdas vastaa moottorin lohkokoneistuksesta, pääkokoonpanosta, koeajosta ja viimeistelystä. Käytännössä kaikki muut vaiheet paitsi moduuli osakokoonpanot tehdään tuotetehtaalla.

6.3.1 Pääkokoonpano

Testimoottori valmistettiin solukokoonpanossa jossa kaikki EDG tullaan valmistamaan - tällä tietoa. EDG:n valmistus linjakokoonpanossa ei edes ole harkittu koska se sekoittaisi normaalia tuotantoa liikaa pitemmän läpäisyajan takia. Myöskin tuotantovolyymi puoltaa solukokoonpanon puolesta. Linjakokoonpano on myös liian häiriö herkkä. Sen lisäksi Hold Pointit pysäyttäisivät linjaa jatkuvasti. – kokoonpano koostuu useasta kokoonpanosolusta joista suurimmassa osassa valmistetaan W32 tai W34 mallista moottoria. EDG:lle ei ole, ainakaan vielä, varattu omaa solua vaan testimoottori meni tuotanto-ohjelman mukaan vapaaseen soluun. Testimoottorin kokoonpano venyi merkittävästi pääosin puuttuvien materiaalien johdosta, mutta kokoonpanossa havaittiin paljon muitakin puutteita joihin ei ole ennen kiinnitetty huomiota. Aikataulun muuttumisen takia testimoottoria jouduttiin siirtelemään moneen kertaan soluun ja pois. Siirtäminen tuli siinä vaiheessa ajankohtaiseksi, kun huomattiin että se voi seistä solussa kuukausiakin koska materiaaleja ei ollut. Moottori siirrettiin aina väliaikaisesti FF-hallille odottamaan komponentteja.

Testimoottorin kokoonpano kesti monta kuukautta. Syy viivästymiseen johtui pääsääntöisesti materiaalien puuttumisesta. Syy ei kuitenkaan ollut täysin toimittajissa. Suunnittelu ei ollut vielä valmis jonka vuoksi muutokset johtivat siihen että komponentteja hylättiin sisääntulotarkistuksessa. Niin kuin Lapinleimu (1997) mainitsi tekstissään ”Jos suunnittelu ei ole kunnossa, kun tilaus saadaan, siihen menevä aika saattaa olla merkittävä ja näkyä läpäisyajassa.”. Tämä lause kuvaa hyvin sitä tilannetta, joka oli testimoottorin osalta. Kokoonpanon aikana havaittiin puutteita monessa eri kohtaa. Näitä asioita korjattiin sitten sitä mukaa kun niitä havaittiin. Nämä on toki niitä syitä, miksi testimoottori yleensä edes tehdään. Varmistetaan, että ensimmäisessä projektissa kaikki menee hyvin.

Solukokoonpanon vaiheistus poikkeaa hieman linjan vaiheistuksesta. Selkeää syytä tähän ei ole, koska moottorinerittely on kuitenkin sama riippumatta missä kokoonpano tehdään. Tällöin myös keräilyt tulevat linjakokoonpanon mukaan, jonka vuoksi materiaalit, jotka tuodaan etukäteen kokoonpanoon, viedään väliaikaisesti jonnekin varastoon odottamaan ”kotiin kutsua”. Tämän takia pyrin asettamaan kokoonpano vaiheistuksen menemään linjakokoonpanon mukaan EDG:llä. Käytännössä vaiheistuksen muutos on helppo toteuttaa, kun valmiudet siihen jo on.

Muita ongelmia, joita kokoonpanossa havaittiin, olivat Hold Point käytännöt. Esimerkiksi havaittiin, että asentajat eivät kaikki tunne Hold Point menettelyä, joka aiheutti hieman ”sekamelskaa”. Tähän vaikutti, totta kai, aamu- ja iltavuoron välinen informaatio katkos. Myös Hold Point pöytäkirjoja tarkistaessa asentajat esittivät ”väärää” työkaluja eli eriä kuin oli käytetty kokoonpanon aikana. Tällaiselta pystytään välttymään toimivalla 5S-

työkalulla. 5S-työkalua tulee korostaa erityisesti EDG:n osalta, koska sillä on oikeasti väliä että käytetään sitä työkalua joka merkitty pöytäkirjaan.

6.3.2 Hold Point

Pääkokoonpano sisältää useita kappaletta Hold Pointteja ja jokaisesta pitää ilmoittaa 30 päivää ennemmin. Asiakas on aina halutessaan mukana Hold Pointin aikana. Kaikki Wärtsilän Hold Pointit eivät ole asiakkaan Hold Pointteja vaan osa niistä voi olla Witness Pointteja jolloin asiakas tulee paikalle jos haluaa. Osa näistä Witness Pointista muuttuu sitten Review Pointiksi. Kuitenkin näiden tarkistuspisteiden tuloksista pitää raportoida asiakkaalle. Jokaisesta Hold Pointista täytetään pöytäkirja johon merkitään kaikki vaadittavat tiedot.

6.3.3 Läpäisy aika ja kapasiteetti

On arvioitu, että EDG:n kokoonpano tulee kestämään moninkertaisesti kauemmin kuin normaalin standardimoottorin kokoonpano. Se, mikä eniten vaikuttaa läpäisy aikaan, on Hold Pointit. Asiakas voi olla niissä mukana, jolloin hänelle pitää esittää kaikkia mahdollisia dokumentteja, piirustuksia ja niin edelleen. Se kauanko tähän menee aikaa, on erittäin vaikea arvioida, jonka vuoksi kaikki arviot läpimenoajasta ovat ”hiha vakioita”.

6.4 Moduulitehdas

Moduulikokoonpanossa valmistetaan eri moduulia jotka sisältävät Hold Pointteja. Kriittisiä osakokoonpanoja on 9 ja koneistuksia 4. Nämä koneistukset ja osakokoonpanot on listattu alla olevassa taulukossa 6.1. Sen lisäksi taulukosta näkee missä vaiheessa sitä tarvitaan.

Taulukko 6.1 Moduulitehtaan Hold Pointit

	Hold Point	Vaihe jossa tarvitaan
1	Moduulin 1 koneistus	Lohkokon.
2	Moduulin 2 koneistus	5
3	Moduulin 3 koneistus	1
4	Moduulin 1 osakokoonpano	1
5	Moduulin 4 koneistus	2
6	Moduulin 2 osakokoonpano	2
7	Moduulin 3 osakokoonpano	2
8	Moduulin 4 osakokoonpano	2
9	Moduulin 5 osakokoonpano	2
10	Moduulin 6 osakokoonpano	3
11	Moduulin 7 osakokoonpano	3
12	Moduulin 8 osakokoonpano	4
13	Moduulin 9 osakokoonpano	5

Moduulit tehdään pääsääntöisesti uudessa moduulitehtaassa, lukuun ottamatta kahta osakokoonpanoa jotka tehdään vanhoissa solukokoonpanoissa. Solukokoonpanossa pystytään paremmin varmistamaan että asennettavat komponentit ovat juuri oikeita. Mikäli moduulit tehtäisiin linjakokoonpanossa standardimoottorin moduuleiden kanssa, niin komponentit voisit mennä helposti sekaisin. Sen lisäksi linjaan aiheutuisi liikaa häiriöitä.

6.4.1 Hold Point

Moduulikokoonpanossa Hold Point ilmoitus pitää myös tehdä 30 päivää ennemmin, niin kuin pääkokoonpanossa. Kuitenkin moduulikokoonpanossa niiden hallinta on hieman helpompaa, sillä ainoastaan pitää ennustaa milloin kokoonpano alkaa. Moduulikokoonpanossa Hold Point kestää koko prosessivaiheen ajan.

Hold Point koostuu kolmesta vaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa eli kokoonpanon aloitus tarkistuksessa tarkistetaan työntekijän pätevyys eli tässä tapauksessa työntekijällä pitää olla suoritusmerkintä vaadittavat koulutukset. Sen lisäksi tarkistetaan käytettävät työkalut, kokoonpano piirustukset, työohjeet ja kriittisten komponentit. Toisessa vaiheessa tarkastaja tarkistaa kokoonpanon oikeellisuuden, raportoi mahdollisista poikkeamista ja täyttää sen mukaan Hold Point pöytäkirjaa. Kolmas vaihe Hold Pointissa on lopputarkistus jossa kuitataan pöytäkirja ja vakuutetaan että kaikki meni suunnitelmien mukaan.

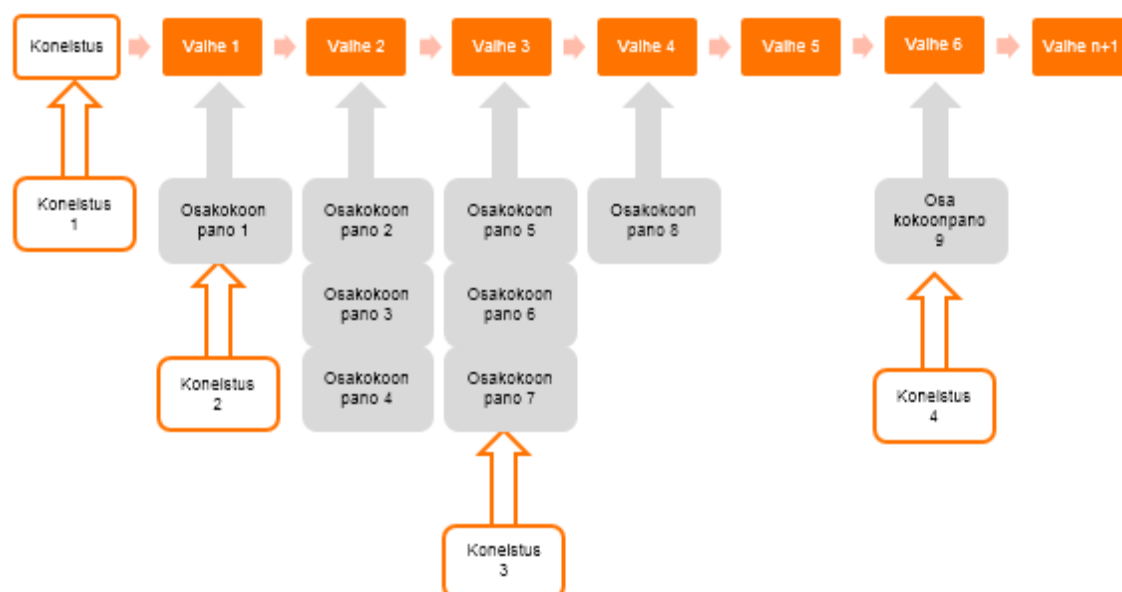
6.4.2 Läpäisy aika ja kapasiteetti

Läpäisy aika vaihtelee hieman moduuleiden välillä, mutta suurimpaan osaan moduulikokoonpanoista varataan useampi päivä aikaa. Ainoastaan kahden osakokoonpanon kesto kasvaa, koska ne normaalista poiketen tullaan tekemään solukokoonpano. Ja niiden kestoon vaikuttaa myös se, että ne tehdään vanhoissa solukokoonpano paikoissa. Kun normaalisti ne tehdään tuotantolinjassa.

Koska läpäisy aika ei poikkea paljoa normaalista niin myös kapasiteetti pysyy normaalina ja EDG:n moduulien kokoonpanot eivät häiritse/rasita normaalia tuotantoa. Lukuun ottamatta vanhassa solukokoonpanossa tehtäviä kokoonpanoja johon pitää varata erikseen resurssit.

6.5 Kokoonpanoprosessi

Kokoonpano testimoottorille tehtiin hyvin pitkälti samalla vaiheistuksella kuin normaalisti solukokoonpanossa. Pienillä poikkeuksilla kuitenkin, koska kyseessä ei ollut standardimoottori. Alla esitetyssä kuvassa on havainnollistettu miten kaikki moduulit ja koneistukset ajoittuivat pääkokoonpanoon nähden testimoottorissa.



Kuva 6.1 Nykytila vaiheistuksen osalta

Pääsääntöisesti kaikki moduulit ajoittuvat pääkokoonpanon alkuvaiheeseen, koska silloin tehdään suurimmaksi osaksi mekaanisia töitä. Vaiheistuksessa sinänsä ei ollut mitään vikaa, mutta haluttiin samalla standardoi kokoonpanoprosessia, joka helpottaa kokoonpanon seuranta ja sitä kautta raportointia.

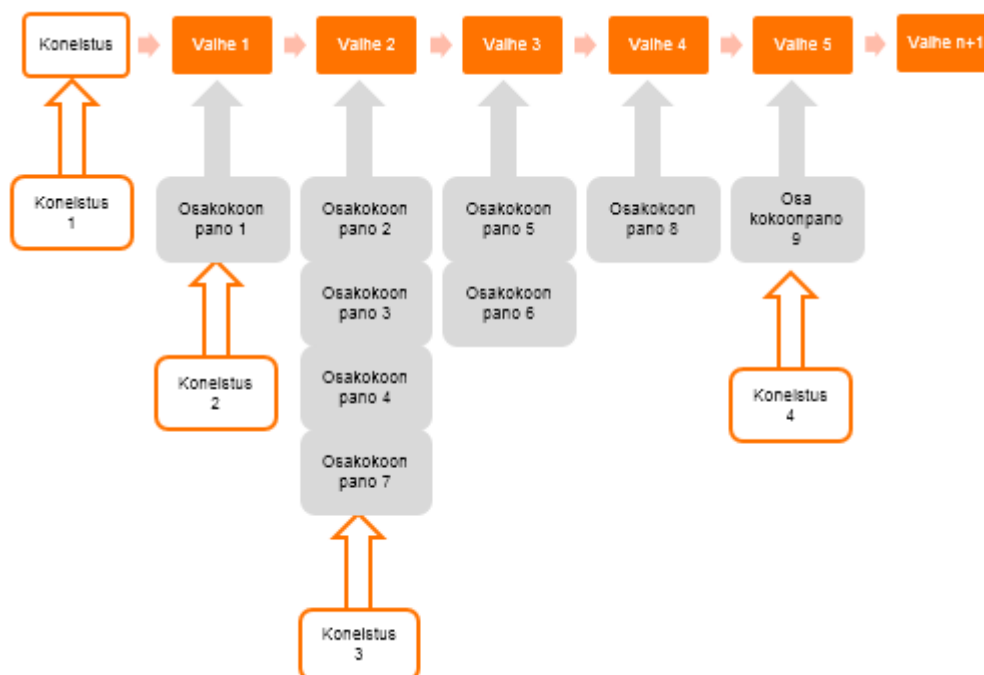
7 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Tässä osiossa käydään läpi, mitä työssä tehtiin minkälaisiin tuloksiin päästiin. Arvioidaan tuloksin luotettavuutta ja se mitenkä niistä saatiin vielä luotettavampia – etenkin aikataulutuksen osalta.

7.1 Vaiheistuksen kehitys

Vaiheistuksen kehityksessä oli ajatuksena helpottaa kokoonpanon seuranta ja samalla standardoida kokoonpanoa. Linjakokoonpanossa vaiheistus on hyvin selkeäjakoinen. Linjakokoonpanossa myös eri vaiheet pakottaa asentajaa tiettyyn asennus järjestykseen, kun taas solukokoonpanossa asentajalla on mahdollisuus tehdä lähes missä järjestyksessä vaan - totta kai materiaalin saatavuus asettaa joitain rajoitteita. Käytännössä vaiheistus tehtiin linjakokoonpanon pohjalta, mutta vaiheen sisäiseen asennusjärjestykseen asentaja voi vaikuttaa. Vaiheistuksessa huomioitiin vain asennukset, vaikka kokoonpano on paljon muutakin kuin osien liittämistä toisiin.

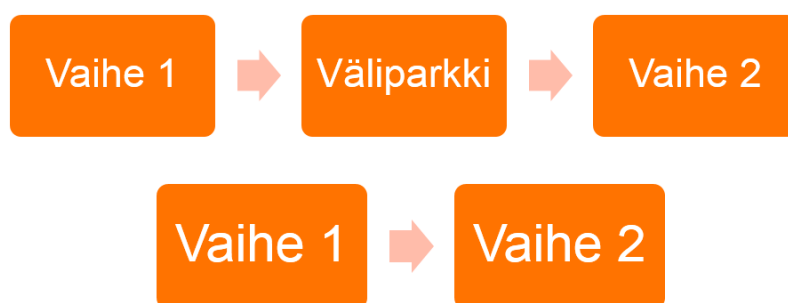
Pohjana käytettiin W20V32D moottorille tehtyä vaiheistusta. Moottorierittely on sama linjakokoonpanossa ja solukokoonpanossa riippumatta siitä missä kokoonpano tehdään. Tämä myös tarkoittaa sitä, että materiaalivirta, setit ja niin edelleen on myös samat. Täten muutos oli helppo toteuttaa. Suurimmat muutokset tuli isojen moduulien kohdalla, kuten voi huomata kun vertaa kuvaa 6.1. ja 7.1. Nykytilassa moduulit ajoittuivat kokoonpano alkuvaiheeseen, mutta nyt ajoittuvat vielä enemmän. Käytännössä tämä tarkoittaa myös, että Hold Pointit ajoittavat sinne, koska lähes kaikki moduuliasennukset sisältävät myös Hold Pointin. Se on tietysti sitä helpompi ennustaa mitä lähempänä ne ovat moottorin kokoonpanon aloitusta. Riski siitä, että ennustettu päivä ei pidä paikkansa pienentyy.



Kuva 7.1 Uusi vaiheistus

Yleisesti puhuttaessa solukokoonpanosta puhutaan yhdestä vaiheesta. Raskaassa teollisuudessa se on hieman eri asia kun kokoonpano kestää useita päiviä. Myös seuraaminen oli haasteellista ilman tarkempaa vaiheistusta. Myös varavoimadieselgeneraattori tapauksessa jossa on tarkkoja tarkistus pisteitä keskellä kokoonpanoa pakottaa tarkkaan seuranta ja siihen tarvitaan tarkkaa vaiheistusta.

Tein vaiheistuksen ensin itse W20V32 vaiheistuksen pohjalta. Vanha vaiheistus oli tehty Excel-tiedostoon ja itse tein sen MS Projectiin. Linjakokoonpanon vaiheistus ei suoraan sovi solukokoonpanon vaiheistukseksi. Esimerkiksi linjakokoonpanossa on 1-vaiheen ja 2-vaiheen välissä väliparkki jossa tehdään joitain asennuksia joista suurin on öljypohjan asennus, joka on vielä vaiheistettu 1-vaiheeseen. Solukokoonpanossa nämä väliparkin asennukset tullaan tekemään 2-vaiheessa, kuten kuvassa 7.2. Linjakokoonpanossa väliparkkia käytetään myös välivarastona.



Kuva 7.2. Vaiheistuksen muutos

Kun vaiheistuksesta oli tehty jonkinlainen arvio, mitenkä se voisi mennä. Aloitettiin käymään sitä läpi verstaan henkilöstön kanssa. Mukana sieltä oli työntekijöitä ja menetelmäkehitys henkilöitä. Muutoksia tuli melko paljon, koska niin kuin mainittiin, niin vaiheistus pohjautui standardi W20V32D moottoriin. Sen lisäksi käytettiin testimootorin vaiheistusta jonkin verran hyväksi, koska siinä oli merkattu eroavaisuuksia standardimoottoriin. Muutokset johtuivat lähinnä siitä että kyseessä ei ollut enää standardimoottori. Isoimmat kokonaisuudet, kuten moduulit, pysyivät siinä vaiheessa mihin ne olin ajatellut. Tärkeää oli myös, että verstaas pääsi mukaan suunnittelemaan vaiheistusta, koska se motivoi ja sitouttaa työntekijöitä myös. Ja kuitenkin se paras näkemys/tuntemus työvaiheista on työntekijöillä.

Uusi vaiheistus vaikutti moneen asiaan: työn standardointiin, seurantaan, materiaali virtaan ja niin edelleen. Myös pienentää riksiä kun moottorin kokoonpano tehdään niin kuin se on erittelyssäkin. Kuitenkin tärkeintä oli saada tuotteenositusrakenne eli work breakdown structure (WBS), jonka pohjalta kokoonpanon aikataulutus tultaisiin tekemään. Se on myös välttämätön, koska kokoonpanossa moni Hold Point ajoittuu keskelle jotain vaiheistusta. Alla kuvassa on esitetty yksinkertaistettu versio WBS:stä.

Tehtävän nimi
Vaihe 1
asennus 1
mittaus
tulppaus
asennus 2
asennus 3
asennus 4
puhdistus
Vaihe 2
asennus 1
mittaus
tulppaus
asennus 2
asennus 3
asennus 4
puhdistus
Vaihe n+1

Kuva 7.3 WBS

Vaiheistus tehtiin käyttäen MS Project ohjelmistoa, josta helposti saadaan vaiheistu tulostettua myös työohje muotoon. Kun vaiheistus saatiin viimeisteltyä muokattiin myös tekninen raportti ja tarkistus ja testaus suunnitelma uuden vaiheistuksen mukaan, koska alkuperäiset oli tehty testimootorin perusteella.

Moduulien osakokoonpanojen vaiheistusta ei muutettu mitenkään. Toki moduuleitten tarve suhteessa pääkokoonpanon vaiheisiin muuttui. Kaikki osakokoonpanot käytiin läpi ja arvioitiin niiden valmistusjärjestys. Todellinen järjestys selviäisi vasta kun aikataulutetaan ne tiettyyn vaiheeseen. Kaikki moduulit tehdään solussa ja niissä pätee yksi vaihe-ajattelu. Sen lisäksi moduuli osakokoonpanoissa Hold Point kestää koko kokoonpanoprosessin ajan, niin kuin on mainittu, joten niiden osalta ei tarvitse ennustaa kuin kokoonpano aloituspäivä, joten ei nähty tarpeelliseksi lähteä muuttamaan niitä. Kuitenkin kaikki osakokoonpanot on listattu samassa MS Project –tiedostossa, koska myös ne tarvitaan WBS:än.

Koeajo ja viimeistelyssä käytiin isommat työvaiheet läpi, mutta siellä ei menty ”asenna putki” –tasolle. Toimintatapoja ei lähdetty muuttamaan. Siellä myös Hold Pointit ajoittuivat eri vaiheiden alkuun, joten niiden ennustaminen oli myös helpompaa. Koeajon ja viimeistelyn vaiheet kuitenkin oli tärkeä saada mukaan samaan, jotta mahdollisia jatko kehityksiä varten olisi kaikki mahdolliset vaiheet huomioitu.

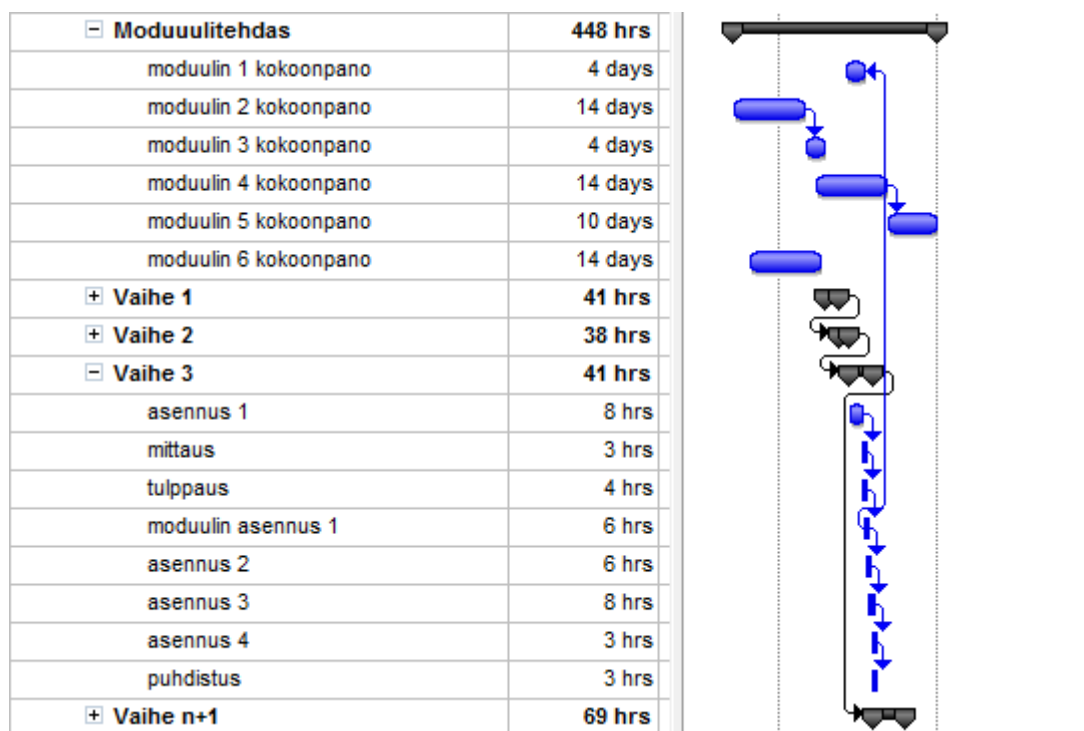
7.2 Kokoonpanon aikataulutus

Kokoonpano aikataulutus tehtiin WBS:n pohjalta. Se esitettiin edistymisaikatauluna eli jokaiselle työvaiheelle oli alku- ja lopetus aika. Pohjana käytettiin samaa W32V20D moottorin vaiheistusta. Vaiheistus oli vanha, vuodelta 2007, joten siihen piti suhtautua hieman kriittisesti. Tässä vaiheistuksessa oli merkitty kokoonpanojen ajat ja ajat pohjautuivat 20 sylinteriseen moottoriin, joten ajat eivät vastaa todellisuutta. Lähinnä sitä käytettiin jonkinlaisena pohjana, että saatiin jotakin ”näppituntumaa” kuinka kauan jokin työvaihe voi kestää. Testimoottorin aikana mitään aikoja ei kirjattu ylös, joten sitä ei voitu käyttää apuna. Aikataulu tehtiin neljässä eriryhmässä: lohkokoneistus, moduulitehdas, pääkokoonpano ja koeajo ja viimeistely.

Kun WBS oli tehty aloitettiin arvioimaan mahdollisia aikoja työvaiheille. Vaiheistuksessa oli myös kriittisiä tehtäviä, jotka olivat nimenomaan Hold Pointteja. Niissä mietittiin, mitä mahdollisia riskejä voi olla joka vaikuttaa työvaiheen kestoon. Mikäli havaittiin jokin merkittävä riski, niin se huomioitiin ajassa. Arviot tehtiin puolen tunnin tarkkuudella, koska sitä tarkemmalle tasolle mentäessä arviointi hankaloituu merkittävästi. Työvaiheet oli pilkottu riittävän pieniin osiin, että työvaiheet eivät kestäneet lähtökohtaisesti 4-6 tuntia kauempaa pääkokoonpanossa.

Aikataulutus aloitettiin moduulitehtaan kanssa. Jokaiselle moduulikokoonpanolle määritettiin kokoonpano aika ja koska sen pitää alkaa suhteessa pääkokoonpanoon. Esimerkiksi moduulin 1 kokoonpano kestää neljä päivää ja moduuli tarvitaan vaiheessa kolme, joten kokoonpano alkaa neljä päivää ennen toisen vaiheen alkamista. Tämä aiheuttaa riippuvuus suhteen näiden välille ja se on myös MS projektiin merkitty. MS

Projektin käyttäminen helpotti aikataulutuksen tekemistä ja se luo lähes automaattisesti Ganttin taulun. Alla esimerkki aikataulutuksesta.



Kuva 7.4 esimerkki aikataulu

Moduulien kokoonpanoon varattiin kaksi kertaa enemmän aikaa kuin ne normaalisti kestäisi, koska kaikki moduulit sisältää HP:n. Tämä pienentää myös riskiä, että moduuli myöhästyisi. Myöskään osakokoonpanon kesto ei vaikuta suoraan pääkokoonpanon läpimenoaikaan. Dokumentaation menevää aikaa on vaikea arvioida, koska siihen vaikuttaa myös se ketä on paikalla – asiakas voi myös olla. Moduulien kokoonpanon aikoja määrittäessä ei ollut mukana työntekijöitä, koska verstaan väellä on selkeä näkemys siitä kauanko kokoonpanot kestävät.

Lohkokoneistuksessa käytiin lohkokoneistus vaihe vaiheelta läpi ja määritettiin kaikille työvaiheille ja koneistuksille ajat. Lohkokoneistuksessa on kaksi eri portaali konetta jolla tämä lohko voidaan koneistaa. Koneistus sisältää toisessa koneessa yhden vaiheen enemmän ja myös huomioitiin aikataulussa, koska haluttiin jakaa riskiä, jos toinen kone ei toimi niin voidaan käyttää toista.

Pääkokoonpanon aikataulutus tehtiin verstaan henkilöstön kanssa jossa oli mukana myös työntekijöitä. Ajat määritettiin jokaiselle työvaiheelle. Pohjana käytettiin standardi moottorin vaiheistuksen aikoja. Myös pääkokoonpanossa lähtökohtaisesti työvaiheajat kaksinkertaistettiin, josta sitten lähdettiin muokkaamaan lähempänä todellisuutta olevaa aikataulua. Käytännössä jokainen vaihe keskusteltiin läpi, mitä siinä tehdään ja arvioitiin siihen kuluva aika. Koska mukana oli työntekijöitä ja menetelmämihiä, niin eriäviä

näkemyksiä myös oli. Käytännössä jouduttiin käyttämään PERT -analyysiä jotta saatiin hyvä keskiarvo pessimistisille ja optimistisille näkemyksille. Myös tässä tarkistuspisteille ei erikseen varattu aikaa vaan idean oli että siihen kuluva aika mahtuu niihin työvaiheisiin tai kuluttaa seuraavasta työvaiheesta sitten osan aikaa. Aikataulussa huomioitiin myös se että joitain työvaiheita voi tehdä yhtä aikaa. Työ vaiheet eivät ole vain peräkkäin. Aikataulu haluttiin suunnitella niin, että mahdolliset riskit olisivat minimaaliset.

Aikatauluista pyrittiin tekemään riittävän löysä mutta kuitenkin lähellä todellisuutta, koska ne olivat vain hyviä arvioita mitenkä kokoonpano ja dokumentaatio menevät. Käytännössä yksi Hold Point voi kestää jopa yhden päivän, joten se pitää aikataulussa huomioida. Tarkoituksena oli, että aikataulua iteroidaan kokoonpanon edetessä. Aikataulua käytiin useampaan kerran läpi, että mahdollinen vaihteluväli pienenisi ja siten kautta aikataulu olisi lähempänä todellisuutta. Aikatauluun ei haluttu erikseen varata aikaa Hold Pointteja varten, koska aikataulua ja vaiheistusta haluttiin käyttää mahdollisesti myös muissa projekteissa, jolloin sen muokkaaminen on helpompaa. Nyt myös hienosuunnittelu on mahdollista, kun tiedetään työvaiheet ja niiden kestot.

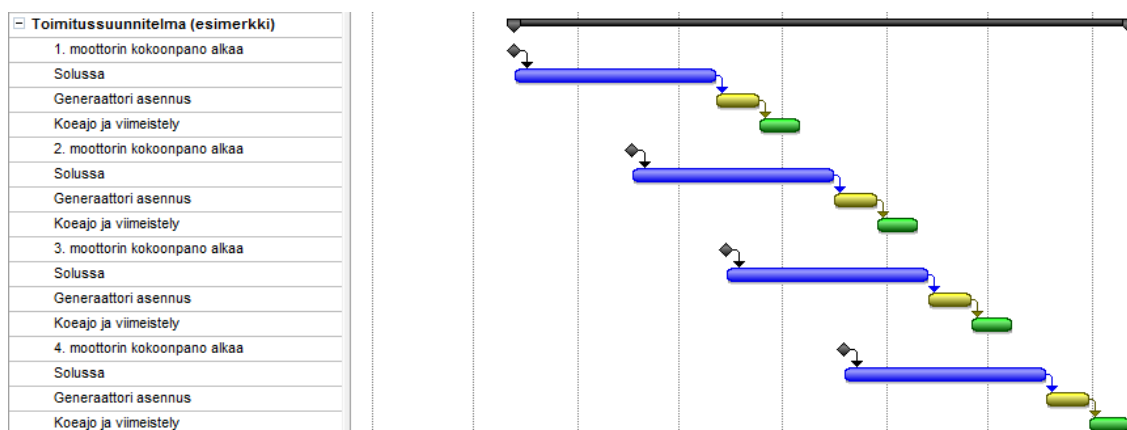
Kun kaikki synergiat ja riippuvuudet työvaiheiden ja moduuleiden välille oli saatu voitiin aikatauluun lisätä myös Hold Pointit. Hold pointeista pitää ilmoittaa 30 päivää ennen, joten nyt niiden ilmoittaminen oli myös mahdollista. Hold Pointit listattiin aikatauluun omaksi ”taskeiksi” ja ne linkitettiin sitten vaiheistukseen. Ilmoituspäivä pystyttiin helposti katsoa aikataulusta tämän vuoksi. Myös moottorille saatiin läpimenoaika, kun aikataulu valmistui. Alkuperäisestä arvioinnista kokoonpanon aika pieneni noin 33%. Lyhyempi läpäisy aika merkitsee selvää säästöä. Tämän pohjalta voitiin ruveta miettimään vuosi kapasiteettiä ja solujen tarvittavaa määrää.

7.3 Kapasiteetti

Aikataulun pohjalta tehtiin laskelmia paljonko voidaan vuosi tasolla valmistaa varavoimadieselgeneraattoreita. Kuinka monta solua tarvitaan varmistamaan riittävä volyyymi vuositason. Tarvittavien solujen määrä voidaan laskea yksikertaisella kaavalla

$$Solu\ määrä_{min} = \frac{Läpimenoaika \times Vuosi\ volyymi}{12kk}$$

Saatu tulos pitää pyöristää ylöspäin lähimpään kokonaislukuun. Esimerkiksi jos tulokseksi tulee 1.4 niin tarvitaan kahta solua ja niin edelleen. Läpimenoaika tässä tapauksessa tarkoittaa vain solussa olevaa aikaa, vaikka todellisuudessa pelkkä moottorinkokoonpano noin puolet koko moottorin läpimenoajasta. Tarkoitus oli vain miettiä tarvittavien solujen määrää tietylle vuosi volyymille. Alla on esitetty esimerkki siitä mitenkä neljä moottoria menisi soluista läpi jos solua olisi vain kaksi. Eri skenaarioiden simulointi on myös mahdollista.



Kuva 7.5. Esimerkki projektin toteutuksesta

Tätä on hyvä hyödyntää siinä vaiheessa kun pitää arvioida toimitusajat, varsinkin jos toimitusaikoihin vaikuttaa jokin materiaali puute mikä estää tuotannon etenemisen. Sen lisäksi laskettiin montako moottoria pystytään nykyisillä soluilla valmistaa eli mikä on mahdollinen vuosituotanto EDG:ssä. Laskukaava saadaan pyörittämällä edelle mainittua kaavaa

$$\text{Vuosi Volyymi} = \frac{\text{Solu määrä}_{\min} \times 12\text{kk}}{\text{Läpimenoaika}}$$

Kaavaa voidaan käyttää kapasiteetinsuunnittelussa. Pitää vain tietää montako solua on varattu EDG:tä varten, koska läpimenoaika jo tiedetään. Läpimenoaika on yksi tärkeimmistä kuormitustiedoista tuotantosuunnittelussa. Se tekee siitä realistista ja mahdollistaa karkeasuunnittelun. Ja loppujen lopuksi tärkeintä on, että nyt tiedetään montako solua tarvitaan jos esimerkiksi halutaan valmistaa 50 EDG:tä kahden vuoden sisällä.

Moduuli osakokoonpanossa, lohkokoneistuksessa ja koeajo & viimeistelyssä huomattiin, että kapasiteetti ei tule ongelmaksi. Niissäkin, totta kai, aikakriittisyys vaikuttaa, mutta niissä tuotanto on huomattavasti joustavampaa kuin pääkokoonpanossa. Näin ollen siellä ei tarvitse tehdä toimenpiteitä, jos halutaan esimerkin mukainen 50 EDG:tä valmistaa kahden vuoden aikana.

7.4 Kokoonpanopaikan SWOT -analyysi

Kokoonpano paikaksi mietittiin yhtenä vaihtoehtona FF-hallia, joka on hieman eri paikassa kuin -kokoonpano, mutta kuitenkin kyseessä on solukokoonpano. Kokoonpanopaikan arviointiin käytettiin yksinkertaista SWOT -nelikenttäanalyysiä kokoonpanopaikan arviointia varten. Minun lisäksi taulukon täytti muutama

projektiryhmän jäsen sekä verstaan päällikkö. Minä tein yhteenvedon niistä ja analysoin ne. Johtopäätös oli melko selkeä - moottorit tehdään siellä missä testimoottorikin tehtiin

SWOT -analyysissä on neljä kohtaa molemmalla kokoonpanopaikalla. Nämä neljä aluetta ovat nykytilanteen vahvuudet ja heikkoudet sekä tulevaisuuden mahdollisuudet ja uhat. Jaoin taulukon vielä kahteen osaan: nykytilanne ja tulevaisuus. SWOT -analyysin taulukko on esitetty alla.

Tämän projektin kokoonpanon siirtäminen FF-hallille olisi liian suuri riski EDG:n osalta, koska siellä ei ole tehty yhtään testimoottoria. Työkalut, sijainti, resurssit, ovat hieman kyseenalaisia eivätkä vastaa EDG:n vaatimuksiin. Kuitenkin, jos mietitään tulevaisuutta, niin EDG:n kokoonpanon siirtäminen FF-hallille vaatisi jonkin verran investointeja. Sen lisäksi standardimoottoreiden kokoonpano voitaisiin tarvittaessa siirtää FF-hallille, mikäli tilanne sen vaatii, koska EDG:n siirtäminen ei ole kovin suositeltava asia.

Taulukko 7.1. Kokoonpanopaikkojen nykytilanne

Vahvuudet (strengths), Nykyhetki	Heikkoudet (weaknesses), Nykyhetki
1. Tämän hetken työkalut, työpisteet 2. Sijainti (DCV:n porttien sisäpuolella, lähellä kaikkia toimintoja) 3. Imago (Tilat) 4. Todettu toimivaksi (testimoottorit) 5. Osaava henkilöstö 6. Tutut prosessit 7. Soluja riittävästi 8. Koeajo paikka lähellä 9. Helpompi hallita	1. Joustavuus (ei voida seisottaa 1kk solussa) 2. Häiritsee normaalia tuotantoa, normaali tuotanto EDG:tä 3. Kriittiset komponenttien sekoittuminen normaaliin tuotantoon - Materiaalinhallinta vaikeaa 4. Pidempi läpäisy aika (taloudellinen vaikutus) 5. Ahtaat tilat joka vaiheessa 6. Työnohjaus haasteellista 7. Asentajien kierrätys (Informaation kulku) 8. SS toimivuus 9. EDG, way of working 10. Muiden toimitusten aikakriittisyys
FF-halli 1. Joustavuus 2. Ei häiritse normaalia tuotantoa 3. Kriittiset komponenttien varasto lähellä 4. Kriittisten komponenttien jäljitettävyyden 5. Eristetyt tilat 6. Riittävä määrä soluja 7. Toimiva materiaalin käsittely	FF-halli 1. Sijainti (kuljetus ja kulkemista) 2. DCV:n ulkopuolella 3. Vartiointi 4. Henkilöstö 5. Työkalut kysymysmerkki 6. Tuntematon (ei tiedä toimivuudesta) 7. Ei Wärtsilän omat tilat 8. Asiattomilla pääsy alueelle 9. Resurssit 10. Koeajo paikka kaukana 11. Ei viimeistely paikkaa 12. Imago 13. EDG, way of working

Taulukko 7.2. Kokoonpanopaikkojen tulevaisuus

Mahdollisuudet (opportunities), Tulevaisuus	Uhat (threats), Tulevaisuus
1. Muokataan verstaas vastamaan EDG vaatimuksia 2. Ihän omat solut 3. Mahdollista varata omat solut? 4. Ydinporukka? 5. Erotetaan muista soluista? 6. Resurssit saatavilla nopeasti	1. Suuret tilaukset johtavat ainoastaan näiden moottoreiden valmistukseen 2. EDG toiminnan lisääntyessä tilat ja organisointi jäävät auttamattomasti riittämättömiksi 3. Moottoreita siirrellään edes takaisin (Joustavuus)
FF-halli 1. EDG:lle ihan oma kokoonpanohalli 2. Täysin omat resurssit (työkalut jne.) 3. Oma varasto, henkilöstä (keskittyä vain näihin) 4. Erillään muusta toiminnasta 5. Jäljitettävyyys 6. Toimivat Hold point tarkistukset 7. Mahdollisuus yhdistää tarkistukset 8. Joustava miehitys (tarpeen mukaa)	FF-halli 1. Vuokratila 2. Valvonta 3. Ei kokemusta EDG:stä 4. Resurssien siirtäminen sinne haastavaa

SWOT -analyysistä selviää hyvin myös, mitkä ovat tämän projektin osalta suurimmat haasteet kokoonpanon osalta. Näihin tulen miettimään myös ratkaisut eli mitenkä heikkoudet voidaan kääntää vahvuudeksi. Tulen keskittymään ainoastaan - kokoonpanoon koska tarkoitus miettiä ratkaisuja tämän projektin osalta.

8 KEHITYSKOhteita

Ensimmäistäkään varsinaista EDG:tä ei ole vielä tehty. Testimoottori tehtiin noudattamalla EDG vaatimuksia, niin hyvin kuin mahdollista. Siinä myös aikataulu painoi päälle, joka hankaloitti sen valmistamista. Testimoottorin aikana työvaiheissa, joissa oli Hold Point, täytettiin Hold Point pöytäkirjat. Tämä ei kuitenkaan kuvaa tulevaa todellista tilannetta kovin paljoa, koska tuloksia ei lähetetty minnekään eikä Hold Pointeista ilmoitettu 30 päivää ennemmin kellekään. Joten ne lähinnä toimi harjoituksena siihen miten Hold Point pöytäkirja täytetään, mitä siinä vaaditaan ja miten siinä toimitaan.

Testimoottori pitäisi tehdä kunnolla EDG vaatimusten mukaisesti, jotta voitaisiin olla lähempänä todellisuutta. Nyt, jos aloitettaisiin testimoottorin kokoonpano ja meillä olisi valmis aikataulu, vaiheistus ja Hold Point suunnitelma, niin olisi huomattavasti helpompi valmistaa testimoottori.

Niin kuin edellisessä kappaleessa mainitsin, niin nyt on hyvin tärkeää muuttaa heikkoudet vahvuuksiksi. Havaittiin yhteensä 10 kappaletta heikkouksia, joista ehkä merkittävin ja haasteellisin on joustavuus. Joustavuudella tarkoitetaan tässä kohtaa sitä, että mitä moottoreille tehdään jos niiden kokoonpano pysähtyy syystä tai toisesta. Oikeastaan sille on kaksi mahdollista toimintaa: se pysyy solussa tai se siirretään väliaikaisesti jonnekin muualle, ja se todennäköisin paikka on FF-hallin varasto jonne se voidaan siirtää. Mikäli sitä ei siirretä ja se pysyy solussa loppuun asti, niin silloin joudutaan siirtämään muuta tuotantoa pois linjakokoonpanolle. EDG:n kokoonpanon siirtäminen muualle ei kuulosta kovin hyvältä, kun mietitään tämän moottorin osalta sitä tärkeintä eli jäljitettävyyttä. Käytännössä paras ratkaisu olisi varata omat solut EDG:tä varten joka ei häiritse muuta tuotantoa. Tämä auttaisi monessa tilanteessa, kuten esimerkiksi materiaalihallinnassa, työnohjauksessa, henkilöstössä ja niin edelleen. Oma kokoonpanopaikkaa puoltaa myös muiden toimitusten aikakriittisyys koska, niin kuin aina, aikataulu painaa päälle. Myös 5S käyttäminen ja noudattaminen on helpompaa omassa solussa. Jatkuva parantaminen on myös erittäin hyvä työkalu, jonka käyttöä kannattaa jatkaa. Myös motivaatio ja henkilöstö sitoutuminen helpottaa valmistamista paljon. Oma työntekijäryhmä sitoutuu myös paremmin tavoitteisiin, jos verrataan siihen että olisi kiertävä työvuorojärjestelmä. Se myös vaikuttaa informaationkulkuun. Käytännössä, jos halutaan heikkoudet kääntää vahvuuksiksi niin vaaditaan oma solu EDG tuotantoa varten ihan ensimmäiseksi.

Aikataulun iterointi pitää suorittaa ensimmäisen EDG:n kokoonpanon yhteydessä. Jotta saadaan aikataulu vielä lähemmäs todellisuutta. Se on niin kauan arvio kun se todetaan oikeaksi. Aikataulua kehitettäessä saadaan lyhyempi läpäisy aika ja sitä kautta voidaan päivittää kapasiteetti laskennat. Ensimmäinen iterointi kerta ei vaadi mitään sekuntikelloa

vaan riittää, että saadaan tarkempi arvio työvaiheiden kestosta ja siitä kauanko käytettiin Hold Pointtiin aikaa. Aikataulua ei voi laatia täysin uudestaan vielä ensimmäisen moottorin kokoonpanon perusteella vaan se vaatii vähintään toisen kokoonpanon. Näistäkin kannattaa kerätä data talteen, jonka jälkeen niistä voi laskea keskiarvon. Huomioitavaa on myös, että vaiheistus pitää tarkistaa ensimmäisen kokoonpanon yhteydessä ja tarvittaessa tehdä korjauksia siihen. Kuitenkin, jos nämä halutaan tehdä kunnolla, niin se vaatii aikakriittisyyden poistamisen mikä aiheutuu muusta tuotannosta. Se saadaan poistettua vaan niin, että EDG:lle varataan oma solu, jossa on omat työkalut, nostovälineet, siirtovälineet ja henkilöstä.

9 YHTEENVETO

Tavoitteena oli arvioida tietyille volyymille solutarpeet. Tavoitteeseen päästiin eli EDG:lle saatiin läpimenoaika, jota voidaan käyttää kapasiteetin- ja tuotannonsuunnittelussa. Vaiheistus saatiin muutettua vastaamaan tuoterakennetta ja kokoonpanolle saatiin laadittua aikataulu. Yhtenäinen vaiheistus on kaikkien etu ja helpottaa tuotannonohjausta moduuli puolella, kun vaiheistus on sama kaikilla moottoreilla kokoonpanopaikasta riippumatta. Aikataulun osalta oli tarkoitus seurata mitenkä aikataulu toteutuu ensimmäisen moottorin kokoonpanon yhteydessä ja sitä kautta iteroida tuloksia uudelleen. Tämä iterointi jäi kuitenkin kokonaan väliin monesta erisyistä joista merkittävin oli kokoonpanon alkamisen venyminen. Aikataulu on kuitenkin ollut tärkeä työkalu projektien seurannassa. Tässä tapauksessa solukokoonpano ei ole yksi vaihe vaan monta vaihetta. Uusien toimitusaikojen arviointi on myös helppoa. Varsinkin jos viivästys johtuu materiaalista, koska aikataulua voidaan muuttaa materiaalin saatavuuden perusteella, kun tiedetään missä vaiheessa se asennetaan.

Aikataulu ja vaiheistus tehtiin käyttäen MS Project –ohjelmistoa. Ne suunniteltiin niin, että niitä voidaan käyttää jatkossa muissakin moottoreissa pienillä muokkauksilla. Käytännössä sillä voidaan seurata tietyn projektin toimitusta, missä vaiheessa mikäkin projektin moottori on menossa. Toki päivittäminen on täysin manuaalisyötä, joten se voi joissakin tapauksissa rajoittaa sen käyttöä.

Työssä sivuttiin myös kokoonpanopaikkaa, sen sijaintia ja kehitystä. Loppu tulema oli, että EDG tuotanto tarvitsee omat solukokoonpanopaikat ja se on mielestäni ensimmäinen askel eteenpäin. Se eliminoi monta riskiä ja mahdollistaa monta asiaa. Ennen kaikkea se ei häiritse normaalia tuotantoa. Sen jälkeen ensimmäisen moottorin kokoonpanon yhteydessä aikataulu iteroidaan jotta siitä luotettavampi. Tehdään hienosäätöjä suuntaan jos toiseen. Kuitenkaan ensimmäisen moottorin osalta ei vielä merkittäviä johtopäätöksiä voi vetää aikataulun suhteen vain vaatii melkein toisenkin iterointi kierroksen.

Jos aikataulu oltaisiin laadittu, niin kuin kirjallisuudessa se pitäisi tehdä. Olisi aika varmasti loppunut kesken. WBS:n jälkeen pitäisi määrittää ja arvioida riskit, mutta tässä tapauksessa ne oli, niin selkeät joten niitä ei sen kummemmin lähdetty arvioimaan. Hold Point on merkittävin riski ja se yritettiin huomioida vaiheistuksessa ja aikataulussa parhaan mukaan. Totta kai, jos riskit olisi erikseen määritetty ja arvioitu, niin olisiko mahdollisesti tunnistettu muitakin merkittäviä riskejä.

LÄHTEET

- Ashton, D. Simister, L. 1970. The Role of Forecasting in Corporate. Lontoo. Cox & Wyman LTD. 175 p.
- Berg, K-E. 1996. Yrityksen riskinhallinta. 2. painos. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy. 355 s.
- Berkun, S. 2006. Projektinhallinnan taito. 1. painos. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy. 476 s.
- Chase, R. B. & Aquilano, N. J. 1995. Production and operations management. 7. Painos. United States of America. Richard D. Irwin Inc. 853 s.
- Duncan, William L. 1988. Just-in-time in American manufacturing. 1. painos. Michigan. The Society of Manufacturing Engineers Publications Development Department. 200 s.
- Forsberg, K. Mooz, H. Cotterman, H. 2003. Projektinhallinta – Malli kaupalliseen ja tekniseen menestykseen. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy. 350 s.
- Hannus, J. 1994. Prosessijohtaminen – Ydinprosessien uudistaminen ja yrityksen suorituskyky
- Heikkijä, J. Ketokivi, M. 2005. Tuotanto murroksessa – Strategisen johtamisen uusi haaste. Vantaa. Hansaprint Oy. 272 s.
- Kauppinen V., Lapinleimu, I. & Torvinen S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. Painos. Porvoo. WSOY. 398 s.
- Keinänen, T. Kärkkäinen, P. 1996. Konetekniikan perusteet. 1. painos Porvoo. WSOY. 355 s.
- Kerzner, H. 2005. Project management: A system approach to planning, scheduling, and controlling. New Jersey. John Wiley & Sons, Inc. 1014 p.
- Lehtonen, J-M. 2004. Tuotantotalous. Porvoo. WS Bookwell Oy. 292 s.
- Liker, J.K. 2010. Toyotan tapaan. Jyväskylä, Gummerus kirjapaino Oy. 323 s.
- Lewis, J. P. 2007. Fundamentals of project management. New York. Amacom. 164 s.
- Ruuska, K. 2008. Pidä projekti hallinnassa. Helsinki. Talentum. 302 s.

Suominen, A. 2003. Riskienhallinta. 3. painos. Vantaa. WSOY. 221 s.

Tersine, R. J. 1985. Productio/operations management: Concepts, Structure, & Analysis. 2. painos. New York. Elsevier Science Publishing Co., Inc. 752 p.

Uusi-Rauva, E., Haverila, M., Kouri, I. 1994. Teollisuustalous. 2. painos. Tampere. Tammer-Paino. 472 s.

Uusi-Rauva, E., Haverila, M., Kouri, I., Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. 5. painos. Tampere. Tammer-Paino. 509 s.

Wärtsilä. 2012. Project quality assurance program. Unpublished internal report. 46 s.

Wärtsilä. Intranet. [WWW]. [Viitattu 4.10.20012].

Wärtsilä Corporation. Vuosikertomus. 2012. Saatavissa: <https://wartsila-reports.studio.crasman.fi/file/dl/i/UjR6nQ/QsqEprb0aUJQm7paENyzzg/Wartsilavuositomus2012.pdf>